C 47
AXE
P.J.O.

Robert Axelrod

La evolución de la cooperación

El dilema del prisionero y la teoría de juegos

Versión española de
Luis Bou

R.2894

Alianza
Editorial

Título original: *The Evolution of Cooperation*. Esta obra ha sido publicada en los EE.UU. por Basic Books, Inc., Publishers.

Copyright © 1984 by Robert Axelrod
© Ed. cast.: Alianza Editorial, S. A., Madrid, 1986
Calle Milán, 38, 28043 Madrid; teléf. 200 00 45
ISBN: 84-206-2474-8
Depósito legal: M. 31.102-1986
Fotocomposición: EFCA, S. A.
Avda. Pablo Iglesias, 17 - 28003 Madrid
Impreso en Lavel
Pol. Los Llanos, nave 6. Humanes (Madrid)
Printed in Spain

INDICE

Prefacio 9

Primera parte. INTRODUCCION

Capítulo I. El problema de la comunicación 15

Segunda parte. COOPERACION

Capítulo II. El éxito de *toma y daca* en los torneos computarizados 37
Capítulo III. La cronología de la cooperación 61

Tercera parte. COOPERACION SIN AMISTAD NI PREVISION

Capítulo IV. El sistema «vivir y dejar vivir», durante la guerra de trincheras de la Primera Guerra Mundial 77
Capítulo V. La evolución de la cooperación en sistemas biológicos 89

Cuarta parte. CONSEJOS A PARTICIPANTES Y A INFORMADORES

Capítulo VI. Cómo elegir eficazmente 109
VII. La promoción de la cooperación 122

Quinta parte. CONCLUSIONES

Capítulo VIII. La estructura social de la cooperación.....
Capítulo IX. La robustez de la reciprocidad.....

Apéndice A .....

Apéndice B.....

Bibliografía.....

PREFACIO

139
161

181

194

205

Este proyecto tuvo su origen en una sencilla pregunta: ¿en qué casos debe una persona cooperar con otra, y en qué casos ser egoísta, en el curso de una relación que puede durar mucho tiempo? ¿Debe un amigo continuar haciendo favores a otro, que nunca se los hace a él? ¿Debe una empresa prestar diligente servicio a otra próxima a quebrar? ¿Con qué intensidad deben los Estados Unidos esforzarse en castigar a la Unión Soviética a causa de un determinado acto hostil, y a qué normas de comportamiento deben ajustarse los EEUU para mejor conseguir de la URSS una conducta cooperativa?

Existe un procedimiento sencillo para representar el tipo de situación que suscita estos problemas. Consiste en utilizar un tipo especial de juego, llamado *Dilema del Prisionero,* de forma iterativa. El juego permite que los jugadores se beneficien mutuamente, al cooperar entre sí; pero cabe en él la posibilidad de que uno de los jugadores abuse del otro, y lo explote, o la de que ninguno de los dos coopere. Al igual que en casi todas las situaciones que se dan en la realidad, los intereses de los jugadores no son estrictamente contrarios. Con el propósito de hallar una buena estrategia a utilizar en tales situaciones, invité a expertos en teoría de juegos a presentar programas para un *Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero,*

muy similar a los torneos de ajedrez por ordenador. Cada programa dispondría del historial de la interacción hasta el presente, y podría valerse de tal historial para decidir si cooperar o no en la jugada en curso. Los programas participantes fueron preparados por especialistas en la teoría de juegos de los campos de la economía, psicología y sociología, en las ciencias políticas y las matemáticas. Hice actuar por parejas, por el sistema de liga (es decir, cada uno con todos los demás), a los catorce programas presentados, más una regla estrictamente aleatoria. Con gran sopresa por mi parte, el vencedor fue el más sencillo de todos los programas presentados, TIT FOR TAT (que aquí llamaremos TOMA Y DACA). La estrategia de TOMA Y DACA consiste sencillamente en comenzar cooperando, y a partir de ahí, hacer en cada jugada lo que el otro jugador en la precedente.

Hice circular los resultados, y solicité nuevos concursantes para una segunda vuelta del campeonato. Recibí esta vez sesenta y dos programas, remitidos desde seis países. La mayoría de los concursantes eran aficionados a la informática, pero había también profesores universitarios de biología evolucionista, de física y de informática, además de las cinco disciplinas representadas en la primera ronda. Al igual que entonces, se presentaron en esta segunda ocasión algunos programas muy elaborados. No faltaron tampoco tentativas de mejorar al propio TOMA Y DACA. El campeón de la primera ronda, Anatol Rapoport, de la Universidad de Toronto, presentó TOMA Y DACA por segunda vez. Y volvió a ganar.

Estaba ocurriendo algo muy interesante. Empecé a sospechar que las propiedades que tanto éxito le habían dado a TOMA Y DACA en los torneos funcionarían igualmente bien en un mundo donde tuviera cabida *cualquier* estrategia. Si así fuera, cabía la existencia de cooperación fundada exclusivamente en el principio de reciprocidad. Ahora bien, deseaba conocer las condiciones exactas requeridas para fomentar y mantener la cooperación sobre tal principio. Ello me hizo adoptar un enfoque evolucionista: el examen de cómo pudo surgir la cooperación entre egoístas no sometidos a una autoridad central. El enfoque evolucionista suscitaba tres cuestiones bien distintas. Primera, ¿cómo puede una estrategia potencialmente cooperativa encontrar asidero en un ambiente predominantemente no cooperativo? Segunda, ¿qué tipo de estrategia puede defenderse con éxito en un ambiente multiforme y diversificado, compuesto por otros individuos que se valen de una amplia variedad de estrategias de mayor o menor grado de refinamiento? Tercero, ¿en qué condiciones puede una estra-

tegia tal, que se supone firmemente asentada en un grupo de personas, resistir la invasión de estrategias menos cooperativas?

Los resultados fueron publicados en el *Journal of Conflict Resolution* (Axelrod, 1980*a* y 1980*b*) y son presentados aquí, revisados, en el Capítulo 2. Los resultados teóricos relativos a la viabilidad inicial, robustez y estabilidad fueron publicados en la *American Political Science Review* (Axelrod, 1981). Estos hallazgos sirven de base al Capítulo 3.

Tras reflexionar sobre la evolución de la cooperación en el contexto social, me dí cuenta de que tales hallazgos tenían también consecuencias en lo tocante a la evolución biológica. Por ello, colaboré con un biólogo, William Hamilton, para desarrollar las consecuencias biológicas de estas ideas de carácter estratégico. El fruto de tal cooperación fue un artículo publicado en *Science* (Axelrod y Hamilton, 1981), presentado aquí, revisado, en el Capítulo 5. A dicho artículo le fue concedido el *Premio Newcomb Cleveland,* de la *Asociación Americana para el Progreso de las Ciencias.*

Tan gratificadora respuesta me animó a presentar estas ideas en forma accesible no sólo a los biológos y los especialistas en el análisis matemático de las ciencias sociales, sino a un público más amplio, interesado por comprender las condiciones capaces de alentar y alimentar la cooperación entre individuos, organizaciones y naciones. A su vez, ello me llevó a ver aplicaciones de las ideas mencionadas a una gran diversidad de situaciones concretas, y a apreciar cuán fácilmente podrían utilizarse los resultados anteriores para generar consecuencias válidas para la conducta de los individuos particulares, y para la política de los poderes públicos.

Vale la pena subrayar ya desde el principio que nuestro enfoque no es el de la sociobiología. Esta disciplina se funda en la hipótesis de que muchos aspectos importantes de la conducta están regidos por nuestra herencia genética (por ejemplo, E.O. Wilson, 1975). Quizá sea así, pero el punto de vista aquí adoptado es de carácter *estratégico* y no *genético*. Si se vale de un enfoque evolucionista es porque las personas se encuentran no pocas veces en situaciones donde las estrategias eficaces continúan siendo utilizadas, mientras que las ineficaces dejan de serlo. En ocasiones el proceso de selección es directo: un miembro del Congreso estadounidense que no logre nada en sus interacciones con sus colegas no continuará siendo miembro del Congreso por mucho tiempo.

Es para mí un placer reconocer y agradecer la ayuda que me ha

sido prestada en diversas fases del proyecto por Jonathan Bendor, Robert Boyd, John Brehm, John Chamberlin, Joel Cohen. Lou Erste, John Ferejohn, Patty French, Bernard Grofman, Kenji Hayao, Douglas Hofstadter, Judy Jacson, Peter Katzenstein, William Keech, Martin Kessler, James March, Donald Markham, Richard Matland, John Meyer, Robert Mnookin, Larry Mohr, Lincoln Moses, Myra Oltsik, John Padgett, Jeff Pynnonen, Penelope Romlein, Amy Saldinger, Reinhart Selten, John David Sinclair, Jonh T. Scholz, Serge Taylor, Robert Trives, Davis Sloan Wilson y, en especial, por Michael Cohen. Me gustaría igualmente dar las gracias a todas las personas que presentaron programas, haciendo así posible los campeonatos. Sus nombres se dan en el apéndice A.

Con gratitud deseo mencionar aquí a las instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo: *Institute of Public Policy Studies,* de la Universidad de Michigan, *Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences* y *National Science Foundation,* que me concedió la Beca SES-8023556.

Primera parte

INTRODUCCION

Capítulo I
EL PROBLEMA DE LA COOPERACION

¿En qué condiciones llegará a surgir la cooperación en un mundo de egoístas no sometidos a una autoridad central? Esta cuestión ha intrigado a múltiples investigadores desde hace mucho tiempo. Y no sin motivo. Todos sabemos que la mayoría de nosotros no somos santos, y que tendemos a ocuparnos preferentemente de nosotros mismos y de los nuestros. Sin embargo, sabemos igualmente que la cooperación existe, y que nuestra civilización está fundada en ella. Ahora bien, en situaciones en las que cada uno de los individuos tenga un incentivo para ser egoísta, ¿cómo podrá llegar a desarrollarse la cooperación?

La respuesta que cada uno dé a esta pregunta tendrá efectos fundamentales sobre nuestro modo de pensar y actuar en nuestras relaciones sociales, políticas y económicas con otros. Y las respuestas que otros den tendrán importantes efectos sobre su disposición a cooperar con nosotros.

La más famosa de las respuestas fue la dada por Thomas Hobbes, hace más de trescientos años. Era pesimista. Hobbes razonaba que antes de existir los gobiernos, el *estado de la naturaleza* estaba dominado por el problema de los individuos egoístas, quienes competían de modo tan cruel y despiadado que la vida era «solitaria, pobre,

detestable, brutal y breve» (Hobbes, 1651/1962, p. 100). En su opinión, era imposible que llegara a desarrollarse la cooperación de no existir una autoridad central, y por consiguiente, era necesario un gobierno fuerte. Desde entonces, los análisis y discusiones relativos a la esfera adecuada a la acción de gobierno han solido centrarse en si se podría o no esperar el nacimiento de la cooperación en un determinado campo, de no existir una autoridad que controlase la situación.

En nuestros días, la interacción entre naciones no está sometida a una autoridad central. De aquí la relevancia que para muchas de las cuestiones esenciales de la política internacional revisten los requisitos que el nacimiento de la cooperación exige. El problema más importante es el dilema de la seguridad nacional: de ordinario, las naciones buscan la seguridad propia por medios que ponen en entredicho la seguridad de otras. Se da este problema en casos tales como la «escalada» de conflictos locales y las carreras de armamentos. En las relaciones internacionales se presentan problemas afines en la forma de conflictos internos en alianzas y en negociaciones sobre tarifas aduaneras, y de conflictos comunales en lugares como Chipre [1].

Al invadir la Unión Soviética el Afganistán, en 1979, los Estados Unidos tuvieron que enfrentarse al dilema de elección típico. Si los Estados Unidos continuasen actuando como si nada hubiese ocurrido, la Unión Soviética podría sentirse animada a poner más adelante en práctica otras formas de comportamiento no cooperativo. Por otra parte, toda reducción importante de la coperación por parte de los EEUU comportaba el riesgo de represalias de algún tipo, que obligarían después a contra-represalias, estableciendo así una pauta de hostilidad mutua a la que pudiera resultar difícil dar fin. Gran parte de los debates internos sobre política exterior están dedicados precisamente a problemas de este tipo. Y justo es que así sea, pues se trata de decisiones difíciles.

En lo que a la vida cotidiana se refiere, podemos preguntarnos cuántas veces vamos a invitar a cenar a amigos que nunca nos devuelven la invitación. Los directivos de las organizaciones se hacen

[1] Para ver ilustraciones útiles de estas aplicaciones a la política internacional se remite al lector a las siguientes fuentes: el dilema de la seguridad (Jervis 1978), carreras armamentistas y desarme (Rapoport 1960), competición en el seno de alianzas (Snyder 1971), negociaciones aduaneras (Evans 1971), imposición fiscal a firmas multinacionales (Laver 1977) y conflictos comunales en Chipre (Lumsden 1973).

favores unos a otros, esperando recibir un pago en igual moneda. Cuando un periodista recibe una *filtración* acostumbra a presentar desde un ángulo favorable a la fuente que se la proporciona, con la esperanza de que así podrá recibir otras. Una gran empresa en cuyo campo solamente exista otra empresa rival importante fijará a sus productos precios elevados, con la esperanza de que la otra lo haga también, a fin de beneficiarse ambas a costa del consumidor.

En mi opinión, tenemos un caso típico de emergencia de la cooperación en el desarrollo de normas de conducta en cuerpos legislativos tales como el Senado de los Estados Unidos. Cada uno de los senadores tiene un incentivo para mostrarse eficaz ante sus electores, aunque ello sea a costa de entrar en conflicto con otros senadores, igualmente interesados en parecer eficaces a los suyos propios. Ahora bien, en estas situaciones rara vez son totalmente contrapuestos los intereses de unos y otros, es decir, casi nunca se trata de un juego de suma cero. Por el contrario, dos senadores encontrarán muchas ocasiones para emprender actividades remuneradoras para ambos. Estas acciones mutuamente remuneradoras han llevado a la creación de un elaborado sistema de normas *(folkways*, o *mores)* en el Senado. La más importante de éstas es la reciprocidad: mor que consiste en que si se echa una mano a un colega se tendrá derecho a cobrar en la misma moneda. Aunque entre tales costumbres se cuentan las transacciones de votos, no se limitan a ellas; se extienden a tantos tipos de conducta mutuamente remuneradora que «no es una exageración decir que la reciprocidad es un modo de vida en el Senado» (Matthews, 1960, p. 100; véase también Mayhew, 1975).

Washington no siempre fue así. Los primeros observadores pudieron ver que los miembros de la comunidad capitalina carecían por completo de escrúpulos, no eran de fiar y se caracterizaban por «la falsedad, el engaño y la traición» (Smith, 1906, p. 190). En el decenio de 1980, la práctica de la reciprocidad está sólidamente establecida. Los importantes cambios que ha experimentado el Senado a lo largo de los veinte últimos años, tendentes a una mayor descentralización, apertura y más equitativa distribución del poder, se han producido sin destruir por ello los mores de reciprocidad (Ornstein, Peabody y Rhode, 1977). Como se verá, para explicar la existencia de la cooperación basada en la reciprocidad, y su estabilidad, no es necesario suponer que los senadores sean hoy más honestos, más generosos o estén imbuídos de un mayor sentido de servicio a la colectividad que en tiempos pasados. La emergencia de la cooperación puede ser ex-

plicada como resultado de que los senadores persigan, individualmente, sus propios intereses.

El método adoptado en este libro consiste en investigar cómo actuarán los individuos al perseguir sus intereses propios, para realizar después un análisis de los efectos que producirá tal conducta sobre el sistema, globalmente considerado. Dicho de otro modo, el método consiste en formular ciertas hipótesis relativas a los motivos individuales, y deducir después consecuencias para la conducta del sistema completo. (Schelling, 1978). El caso del Senado estadounidense es un buen ejemplo, pero el mismo tipo de razonamiento puede ser aplicado a otros planteamientos.

El objeto de este libro es desarrollar una teoría de la cooperación utilizable para descubrir cuáles son los requisitos necesarios para que se produzca la cooperación. La comprensión de las condiciones que posibilitan su nacimiento permitirá emprender las acciones adecuadas para animar y sostener el desarrollo de la cooperación en cada situación específica.

La *Teoría de la Cooperación* que se presenta en este libro se funda en la investigación de individuos que persiguen su interés personal, sin la ayuda de una autoridad central que obligue a cada cual a cooperar con los demás. La razón de suponer que se busca el beneficio propio es que tal hipótesis permite examinar el difícil caso de que la cooperación no esté completamente basada en la preocupación por los demás, o en el bienestar del grupo en su conjunto. Sin embargo, es preciso subrayar que nuestra hipótesis es, en realidad, mucho menos restrictiva de lo que parece. Cuando una hermana se preocupa por el bienestar de su hermano se puede considerar que el interés personal de la hermana incluye (entre otras muchas cosas) la preocupación por el bienestar de su hermano. Lo cual, por otra parte, no elimina totalmente la potencialidad de conflicto entre hermana y hermano. Análogamente, un país puede actuar teniendo en cuenta, al menos en parte, los intereses de países amigos, pero ello no significa que ni siquiera países amigos sean capaces siempre de cooperar en beneficio mutuo. Así, la hipótesis del interés propio no es, en realidad, sino la hipótesis de que la preocupación por los demás no resuelve por completo el problema de cuándo cooperar con ellos, y cuándo no.

Tenemos un buen ejemplo del problema fundamental de la cooperación en el caso de que dos países industrializados hayan implantado cada uno barreras aduaneras a las exportaciones del otro. A cau-

sa de las ventajas mutuas que para ambos representaría el libre comercio, ambos países saldrían mejor librados si se eliminasen tales barreras. Pero si uno cualquiera de los países tuviera que eliminar unilateralmente sus barreras, tendría que afrontar unas relaciones comerciales dañosas para su economía. En efecto, haga lo que hiciere uno de los países, el otro saldrá ganando manteniendo las barreras propias. Así pues, el problema es que cada país tiene un incentivo para conservar sus barreras comerciales, y que ello produce peores resultados de los que pudieran lograrse si ambos países colaborasen entre sí.

Este problema fundamental se presenta cuando la búsqueda del interés individual produce resultados negativos para todos. Para avanzar hacia la comprensión de la vasta multitud de situaciones concretas que tienen esta propiedad, se requiere un procedimiento de representación de los elementos comunes a estas situaciones que no quede empantanado por los detalles específicos y exclusivos de cada una. Por fortuna, se dispone de una tal representación: el famoso juego del *Dilema del Prisionero* [2].

En este juego hay dos jugadores. Cada uno de ellos puede optar por una de dos alternativas, a saber, cooperar o no hacerlo *. Cada uno de ellos tiene forzosamente que elegir sin saber lo que va a hacer el otro. Independientemente de lo que el otro pueda hacer, la defección proporciona siempre un resultado mejor que la cooperación. El dilema está en que si ninguno coopera ambos saldrán peor librados que si hubiesen cooperado. Este sencillo juego nos proporcionará el fundamento para la totalidad del análisis efectuado en este libro.

El funcionamiento del juego se muestra en la Figura 1. Uno de los jugadores elige fila, sea cooperando o defraudando. El otro jugador elige simultáneamente una columna optando así por cooperar o por no hacerlo. Estas elecciones, conjuntamente tomadas, determinan uno de los cuatro posibles resultados que vemos en la matriz. Si ambos jugadores cooperan saldrán bastante bien librados. Ambos obtienen *R*, la *recompensa por mutua cooperación*. En el caso concreto de la ilustración de la Figura 1, la recompensa es de 3 puntos. Este número podría expresar, por ejemplo, un premio de 3 dólares, que cada jugador recibe por haber sido ese el resultado. Si uno de los ju-

[2] El Dilema del Prisionero fue inventado hacia 1950 por Merril Flood y Melvin Dresher, siendo formalizado poco después por A. W. Tucker.

* El verbo inglés *defect* se traduce indistintamente por *defraudar* o *no cooperar*.

gadores coopera, y el otro no, el que no lo hace recibe la *tentación para no cooperar* y quien cooperó recibe el *pago al incauto.* En el ejemplo, estos pagos son de 5 y 0 puntos, respectivamente. Si ninguno coopera, cada uno recibe 1 punto, la *penalización por defección mutua.*

FIGURA 1
El Dilema del Prisionero

		Jugador de columna	
		Cooperar	*Defraudar*
Jugador de fila	Cooperar	$R = 3, R = 3$ Recompensa por mutua cooperación	$I = 0, T = 5$ Pago al incauto y tentación para no cooperar
	Defraudar	$T=5, S=0$ Tentación para no cooperar y pago al incauto	$P=1, P=1$ Penalización por defección mutua

NOTA: Se dan primero los pagos del jugador que elige fila.

¿Cómo deberíamos proceder en un juego así? Supóngase que somos nosotros quienes elejimos fila, y que creemos que el jugador de columna va a cooperar. Significa esto que vamos a obtener uno de los dos resultados de la primera columna de la Figura 1. Tenemos dos opciones. Podemos cooperar también, y obtener los 3 puntos con los que se remunera la mutua cooperación, o podemos ser desleales, y cobrar los 5 puntos de la tentación. Así pues, si pensamos que el otro jugador va a cooperar, la defección es para nosotros lo más rentable. Pero supongamos ahora que imaginamos que el otro va a defraudar. Esto nos sitúa en la segunda columna de la Figura 1, y tenemos que optar entre cooperar, lo que nos haría pecar de ingenuos y nos daría 0 puntos, o defraudar, lo que resultaría en la penalización mutua y nos reportaría 1 punto. Por lo tanto, si nos parece que el otro no va a cooperar, lo que más nos conviene es defraudar también. Significa todo esto que es preferible no cooperar si nos parece que el otro va a cooperar, y que es preferible no cooperar si nós parece que nuestro oponente va a defraudar. Así pues, independientemente de lo que haga el otro, es preferible no cooperar.

Hasta aquí, perfecto. Ahora bien, el mismo razonamiento vale también para el otro jugador. Asi pues, él no debería cooperar, independientemente de lo que hagamos nosotros. Por lo tanto, ninguno debería cooperar. Pero entonces, uno y otro jugadores obtendremos 1 punto, resultado inferior a los 3 puntos de recompensa que podríamos haber obtenido si ambos hubiésemos cooperado. La racionalidad individual produce para ambos un resultado peor del que sería posible. Ese es el dilema.

El Dilema del Prisionero es, simplemente, una formulación abstracta de ciertas situaciones, muy corrientes y muy interesantes, en las cuales lo que individualmente es óptimo para cada persona lleva a la defección mutua, y sin embargo todos podrían haber obtenido mejores resultados de haber colaborado entre sí. La definición del Dilema del Prisionero exige que se verifiquen ciertas relaciones entre los cuatro resultados posibles. La primera relación especifica el orden de los cuatro pagos. Lo mejor que cada jugador puede lograr es conseguir *T*, la tentación para no cooperar cuando el otro lo hace. Lo peor que le puede ocurrir al jugador es obtener *I*, el pago al ingenuo, por cooperar mientras el otro jugador no lo hace. Al ordenar los otros dos resultados, *R*, la recompensa por mutua cooperación se supone siempre mayor que *P*, la penalización por defección mutua. Resulta así que la ordenación de preferencia de pagos forma, desde óptimo a pésimo, la serie T, R, P e I.

La segunda parte de la definición del Dilema del Prisionero especifica que los jugadores no han de poder resolver su dilema explotándose por turnos el uno al otro. Tal hipótesis significa que el tener iguales probabilidades de explotar y de ser explotado no les proporciona a los jugadores tan buenos resultados como la mutua cooperación. Se supone, por consiguiente, que la recompensa por mutua cooperación es mayor que el valor promedio de la tentación y del pago al incauto. Esta hipótesis, conjuntamente con la ordenación según preferencia de los cuatro pagos, define el Dilema del Prisionero.

Así pues, dos egoístas que jugasen *una sola vez* a este juego optarían ambos por su opción dominante, la defección, y cada uno de ellos obtendría menos de lo que hubiese logrado de haber cooperado. Si el juego va a jugarse un número finito *prefijado* de partidas, los jugadores siguen sin tener incentivo para cooperar. Ello es cierto, qué duda cabe, en la última partida, pues no hay un futuro que pueda influir en ellos. En la penúltima jugada, ninguno de los jugadores tendrá incentivo para cooperar, ya que ambos pueden prever la de-

fección del otro jugador en la última partida. Tal línea argumental implica que el desenlace del juego hace propagarse regresivamente la defección mutua hasta la primera jugada de cualquier serie de partidas que tenga longitud finita conocida. (Luce y Raiffa 1957, pp. 94-102). Este razonamiento no es válido si los jugadores han de interactuar un número indeterminado de veces. Y en la mayoría de los planteamientos más verosímiles, los jugadores no pueden estar seguros de cuándo se producirá la última interacción entre ellos. Como más adelante demostraremos, cuando el número de interacciones es indefinido puede surgir la cooperación. La cuestión estriba entonces en desvelar las condiciones precisas que son necesarias y suficientes para el afloramiento de la cooperación.

Examinaré en este libro interacciones entre sólo dos jugadores cada vez. Aunque cada jugador individualmente puede estar interactuando con otros muchos, se supondrá que interactúa con ellos uno a uno cada vez [3]. Se supone también que el jugador tiene capacidad para reconocer a otro jugador y para recordar cómo han interactuado los dos hasta el momento. Esta capacidad de reconocimiento y recuerdo permite que las estrategias de los jugadores tengan en cuenta la historia de cada interacción particular.

Se han ideado muchos modos de resolver el Dilema de Prisionero. Cada uno de ellos supone permitir cierta actividad adicional, que altera de tal modo la interacción estratégica como para cambiar fundamentalmente la naturaleza del problema. Sin embargo, el problema original subsiste, porque hay muchas situaciones en las que no son aplicables tales remedios. Consiguientemente, examinaremos el problema en su forma fundamental, sin tales alteraciones.

1. Los jugadores no disponen de mecanismo alguno para llevar a efecto amenazas, u obligar al cumplimiento de compromisos (Schelling 1960). Dado que los jugadores no pueden obligarse a sí mismos a seguir una determinada estrategia, cada uno de ellos ha de tomar en consideración todas las posibles estrategias de que se pueda servir

[3] Las situaciones que comportan más que interacciones por pares pueden ser plasmadas en un modelo más complejo, el Dilema del Prisionero n-personal (Olson 1965; G. Hardin 1968; Schelling 1973; Dawes 1980; R. Hardin 1982). La aplicación principal es la provisión de bienes colectivos. Es posible que los resultados del análisis de las interacciones por pares ayuden a sugerir cómo emprender también un análisis más profundo del caso n-dimensional, pero ello tendrá que esperar. Puede verse un tratamiento paralelo de los casos bipersonal y n-personal en Taylor (1976, pp. 29-62)

el otro. Además, los jugadores pueden disponer de todas las estrategias posibles.

2. No hay forma de estar seguro de lo que hará el otro jugador en una jugada determinada. Ello elimina la posibilidad del meta-análisis del juego (Howard 1971), que consiente elecciones tales como «optar por lo mismo que el otro se dispone a hacer». Elimina también la posibilidad de disponer de reputaciones bien establecidas, como las que podrían fundarse en la observación de las interacciones del otro jugador con terceros. Por lo tanto, la única información de que disponen los jugadores acerca de cada uno de los demás es la historia de sus interaciones.

3. No hay forma de eliminar al otro jugador, ni de huir o eludir la interacción. Así pues, cada jugador conserva la capacidad de cooperar o no en cada jugada.

4. No hay forma de cambiar los pagos del otro jugador. Estos incluyen cualesquiera consideraciones que los jugadores pudieran tener por los intereses del otro (Taylor, 1976, pp. 69-73).

En estas condiciones, las palabras no respaldadas por actos valen tan poco que carecen de significado. Los jugadores únicamente pueden comunicarse a través de la secuencia de los actos determinados por sus propias conductas. Este es el problema del Dilema del Prisionero en su forma fundamental.

El hecho que posibilita la aparición de la cooperación es que los jugadores podrían volver a encontrarse. Tal posibilidad significa que las elecciones que hoy se hagan no sólo determinan el resultado de esta jugada, sino que pueden influir también en las decisiones posteriores que tomen los jugadores. Así pues, el futuro puede proyectar una sombra sobre el presente, y de este modo influir sobre la situación estratégica actual.

Pero el futuro cuenta menos que el presente, y ello por dos razones. La primera es que los jugadores tienden a valorar menos los pagos conforme se aleja hacia el futuro el instante de su recepción. La segunda es que siempre cabe la posibilidad de que los jugadores no vuelvan a encontrarse. Una relación en curso puede terminar cuando el otro jugador se marcha, cambia de ocupación, fallece o quiebra.

Por estas razones, el pago de la jugada siguiente siempre vale menos que el pago de la jugada en curso. Una forma natural de tener en cuenta este hecho es acumular los pagos a recibir a lo largo del tiempo, de modo tal que la jugada siguiente valga un cierto porcen-

taje del valor de la actual (Shubik, 1970). Denominaremos W al *peso* relativo (o importancia) de la jugada siguiente al ser comparada con la actual. El peso W da idea de la *actualización* que experimenta cada jugada con respecto a la anterior, y es, consiguientemente, un *parámetro de actualización.*

Este parámetro puede utilizarse para determinar el pago que corresponde a toda una serie de jugadas. A fin de dar un ejemplo sencillo, supongamos que la importancia de cada jugada es sólo la mitad de la precedente, lo que da $W = 1/2$. En tal caso, una serie entera de defecciones mutuas, cuyo valor es de un punto cada una, tendría un valor de 1 en la primera jugada, de 1/2 en la segunda, de 1/4 en la tercera, y así sucesivamente. El valor acumulado de la serie completa sería $1 + 1/2 + 1/4 + 1/8...$ cuya suma sería, exactamente, 2. En general, obtener un punto en cada jugada valdría $1 + W + W^2 + W^3...$ Resulta muy útil el hecho de que la suma de esta serie infinita, para W mayor que 0 y menor que 1, es $1/(1 - W)$. Tomemos otro caso. Si cada jugada vale el 90 por ciento de la anterior, una serie de puntuaciones de 1 valdría diez puntos, porque $1/(1 - W) = 1/(1 - 0{,}9) = 1/0{,}1 = 10$. Análogamente, con W todavía igual a 0,9, una serie de recompensas mutuas de 3 puntos valdría tres veces el valor anterior, o sea, 30 puntos.

Examinemos ahora un ejemplo de interacción de dos jugadores. Supongamos que uno de ellos siga la política de defraudar siempre (SIEMPRE D), y que el otro siga la de TOMA Y DACA. Esta última consiste en cooperar en la primera jugada, y hacer después lo mismo que hiciera el otro jugador en la jugada anterior. Tal proceder implica que TOMA y DACA va a defraudar una vez después de cada defección del otro jugador. Cuando el otro jugador está aplicando TOMA y DACA, la defección de un jugador siempre le proporcionará T en la primera jugada y P en todas las posteriores. El *valor* (o *tanteo)* de una persona que aplicase SIEMPRE D al jugar con otra que aplicase TOMA y DACA sería, por consiguiente, la suma de T en la primera jugada, más WP en la segunda, más W^2P en la tercera, y así sucesivamente [4].

Tanto SIEMPRE D como TOMA Y DACA son estrategias. En gene-

[4] El valor recibido cuando uno siempre defrauda mientras el otro juega según TOMA Y DACA es:

$$\begin{aligned} V(\text{SIEMPRE D} \mid TYD) &= T + WP + W^2P + W^3P... \\ &= T + WP\,(1 + W + W^2...) \\ &= T + WP/\,(1 - W) \end{aligned}$$

ral, una *estrategia* (o *regla de decisión)* es un sistema completo de reglas que especifica qué hacer en cualquier situación que pueda presentarse. La propia situación depende de la historia que hasta ese momento haya tenido el juego. Así pues, una estrategia podría dar la orden de cooperar tras ciertas pautas de interacción, y de no cooperar después de otras. Además, las estrategias pueden valerse de probabilidades, como en el ejemplo de la regla que es totalmente aleatoria, con probabilidades iguales de cooperación y defección. A la hora de decidir qué hacer, una estrategia puede valerse de elaboraciones extraordinariamente refinadas y complejas de las pautas de interacción en el pasado. Tenemos un ejemplo en una estrategia que en cada jugada construye un modelo del comportamiento del otro jugador a través de un complejo procedimiento (como puede ser un proceso de Markov), y después utiliza un ingenioso método de inferencia estadística (como pueda ser el análisis bayesiano) para elegir la opción que parezca dar, a la larga, mejores resultados. O puede ser también alguna intrincada combinación de otras estrategias.

La primera pregunta que uno se siente tentado a hacer es, «¿Qué estrategia es la mejor?». Con otras palabras, ¿qué estrategia le dará al jugador la máxima puntuación posible? Es una buena pregunta, pero como se demostrará más adelante, no existe una regla óptima independiente de la estrategia utilizada por el otro jugador. En este sentido, el Dilema del Prisionero iterativo es totalmente diferente de una partida de ajedrez. En una partida seria, el ajedrecista puede suponer válidamente que su oponente procurará efectuar la jugada más temible. En juegos como el ajedrez se pueden hacer planes con este fundamento, por ser totalmente antagónicos los intereses de los jugadores. Pero las situaciones representadas mediante el Dilema del Prisionero son totalmente distintas. Los intereses de los jugadores no están en conflicto total. Ambos jugadores pueden salir bien parados, haciéndose con la recompensa R a la mutua cooperación, o quedar mucho peor, por sólo obtener la penalización P de la recíproca defección. La hipótesis de que la jugada del otro vaya a ser siempre la más temible para nosotros nos conducirá a suponer que el otro jamás cooperará, lo que a su vez hará que nosotros no cooperemos, iniciándose así la serie interminable de penalizaciones. Por consiguiente, a diferencia de lo que ocurre en ajedrez, en un planteamiento iterativo del Dilema del Prisionero no es prudente suponer que el otro jugador está al acecho para atraparnos.

En realidad, en el Dilema la estrategia de mejor rendimiento de-

pende directamente de la estrategia que esté aplicando el otro jugador, y en particular de si esta estrategia da ocasión al desarrollo de la cooperación mutua. Tal principio se funda en que el peso o importancia relativa de la próxima jugada, en comparación con la jugada en curso, sea suficiente como para que el futuro sea importante. En otras palabras, el parámetro de actualización W tiene que ser lo bastante grande como para hacer que el futuro pese fuertemente en el cálculo de las cantidades totales a percibir. Después de todo, si es improbable que volvamos a tropezarnos con la otra persona, o si nos importan poco los pagos a recibir en el futuro, lo mejor que podríamos hacer es no cooperar ahora y no preocuparnos por las consecuencias que ello depare en el futuro.

Esto nos lleva a la primera proposición formal, que nos da la triste noticia de que si el futuro es importante, no existe una estrategia óptima.

PROPOSICION 1. Si el parámetro de actualización, W, es lo suficientemente grande, no existe una estrategia óptima independiente de la estrategia utilizada por el otro jugador.

En sí misma, la demostración no es difícil. Supongamos que el otro jugador esté utilizando la estrategia SIEMPRE D, que es la estrategia de no cooperar nunca. Si esto ocurre, lo mejor que podemos hacer nosotros es, también, negarnos siempre a cooperar. Supongamos ahora, por otra parte, que el otro jugador esté aplicando la estrategia de «represalia permanente» Consiste esta estrategia en cooperar hasta que nosotros dejemos de hacerlo por primera vez, y a partir de entonces no cooperar nunca. En tal caso, la mejor estrategia es cooperar siempre, con tal de que la tentación T para defraudar en la primera jugada acabe quedando más que compensada por la desventaja a largo plazo de obtener nada más que la penalización P en lugar de la recompensa, R, en las jugadas futuras. Así sucederá siempre que el parámetro de actualización, W, sea lo suficientemente grande [5]. Por lo tanto, el hecho de que debamos o no cooperar, incluso en la primera jugada, depende de la estrategia que esté utilizando el otro jugador. Por consiguiente, si W es suficientemente grande, no existe estrategia óptima.

---

[5] Si el otro jugador está aplicando una estrategia de represalia permanente, saldrá mejor librado cooperando siempre que defraudando indefinidamente, con tal que $R/(1-W) > T + WP/(1-W)$, o sea, $W > (T-R)/(T-P)$.

En el caso de un cuerpo legislativo, como el Senado de los EE UU, esta proposición afirma que si las probabilidades de que uno de los senadores vuelva a interactuar nuevamente con otro de ellos son lo suficientemente grandes, no se dispone de una estrategia óptima e independiente del proceder de la otra persona. Lo mejor sería cooperar con quien nos devolviera tal cooperación en el futuro, pero no con aquellos cuya conducta futura no vaya a verse muy influída por esta interacción (véase, por ejemplo Hinckley 1972). La posibilidad misma de lograr una cooperación mutua estable depende de que exista una buena probabilidad de que se produzca una interacción continua, la cual viene medida por la magnitud de *W*. Ocurre que, en el caso del Congreso, las posibilidades de que dos parlamentarios mantengan una interacción prolongada se han incrementado notablemente, ya que las renovaciones, bienales, han caído desde el 40 por ciento típico de los primeros cuarenta años de la República hasta el 20 por ciento, o menos, en años recientes (Young, 1966, pp. 87-90; Polsby, 1968; Jones, 1977, p. 154; Patterson; 1978, pp. 143-44).

Sin embargo, afirmar que para el desarrollo de la cooperación es necesaria la posibilidad de que exista una interacción prolongada, no es lo mismo que decir que sea suficiente. La demostración de inexistencia de una única estrategia óptima deja abierta la cuestión de cuáles son las pautas de conducta que es de esperar que surjan cuando existe una probabilidad suficientemente alta de interacción prolongada entre dos individuos.

Antes de proceder a estudiar la conducta que es de esperar que llegue a darse, es útil examinar más de cerca qué rasgos de la realidad pueden ser encuadrados en el marco del Dilema del Prisionero, y cuáles no. Afortunadamente, la misma simplicidad de su estructura permite eludir muchas hipótesis restrictivas, que de no ser por ello limitarían el análisis:

1. No es necesario en absoluto que los pagos a los jugadores sean comparables. Por ejemplo, un periodista podría ser recompensado con otras noticias confidenciales, mientras que el político o alto cargo que las facilitó podría verse recompensado con la oportunidad de presentar una tesis política bajo una luz favorable.

2. Desde luego, los pagos no tienen por qué ser simétricos. Resulta cómodo imaginar que la interacción es exactamente equivalente desde el punto de vista de los dos jugadores, pero ello no es necesario. Por ejemplo, no es preciso suponer que la recompensa de la mu-

tua cooperación, o la de cualquiera de los otros tres parámetros, haya de tener la misma magnitud para ambos jugadores. Como ya se mencionó anteriormente, ni siquiera es preciso suponer que estén medidas en unidades homogéneas. Lo único que es preciso suponer es que los cuatros pagos asignados a cada jugador estén ordenados como exige la definición del Dilema del Prisionero

3. Los pagos a los jugadores no tienen por qué estar medidos en una escala aboluta. Tan sólo es preciso que sean medibles unos con relación a otros [6].

4. La operación no tiene por qué ser considerada deseable desde el punto de vista del resto del mundo. En ocasiones, en lugar de alentar la cooperación entre los jugadores, lo que se busca es evitarla o frenarla. Las prácticas de connivencia comercial pueden ser muy convenientes para las empresas implicadas, pero no tan buenas para el resto de la sociedad. En efecto, para los participantes, casi todas las formas de corrupción son casos de bienvenida cooperación, pero nada deseables para los demás. Así pues, en ocasiones, la teoría será utilizada a la inversa, para mostrar, no cómo promover la cooperación, sino como impedirla.

5. No hay necesidad de suponer que los jugadores sean racionales. No es preciso que estén tratando de hacer máximas sus remuneraciones. Sus estrategias pueden ser meros reflejos de formas de proceder habituales, de reglas prácticas, instintos, hábitos o de la imitación (Simon, 1955; Cyert y March; 1963).

6. Ni siquiera es necesario que las acciones efectuadas por los jugadores correspondan a elecciones conscientes. Una persona que en ocasiones devuelve favores, y en ocasiones no, puede no estar pensando en qué estrategia está aplicando. No hay en absoluto necesidad de suponer que la elección es deliberada [7].

El marco estructural es lo suficientemente amplio como para dar cabida en él no solamente a personas, sino también a Estados nacionales y a *bacterias*. Desde luego, los Estados realizan acciones que po-

[6] Significa esto que lo único que hace falta es que las utilidades vengan medidas sobre una escala lineal. Al utilizar una escala lineal podemos modificar la representación de los pagos mediante cualquier transformación lineal positiva, sin que la situación cambie, equivalentemente a como la temperatura puede ser medida en grados centígrados y en grados Fahrenheit.

[7] Para las consecuencias de no suponer una elección premeditada en un modelo evolucionista del cambio económico, véase Nelson y Winter (1982).

drían ser interpretadas como elecciones en un Dilema del Prisionero; así sucede, por ejemplo, al elevar o rebajar los aranceles aduaneros. No es preciso suponer que tales acciones sean racionales, ni que sean promovidas por un actor unificado que persigue un único objetivo. Por el contrario, podrían muy bien ser el resultado de acciones políticas y burocráticas increíblemente complicadas, que comportan complejos procesamientos de información, y desplazamientos en la coaliciones políticas. (Allison, 1971.)

Análogamente, en el otro extremo, ni siquiera es preciso que para jugar un organismo tenga cerebro. Por ejemplo, las bacterias son sumamente sensibles a ciertos aspectos específicos de su ambiente químico. Por consiguiente, pueden dar respuestas diferenciales a las actividades de otros organismos; estas estrategias de comportamiento diferencial pueden ser heredables. Además, la conducta de una bacteria puede afectar a la buena salud de los otros organismos que haya en sus alrededores, exactamente igual que la conducta de otros organismos puede afectar al bienestar de una bacteria. Aunque será mejor reservar las aplicaciones a la biología para el Capítulo 5.

Por el momento, nuestro interés se centrará principalmente en las personas y en las organizaciones en que estas se agrupan. Así pues, es bueno sáber que, por mor de generalidad, no es preciso suponer gran cosa acerca de lo perspicaz o calculadora que sea la gente. Ni tampoco es necesario suponer, como se hace en sociobiología, que aspectos importantes de la conducta humana son dirigidos por los propios genes. El enfoque utilizado aquí es estratégico en lugar de genético.

Desde luego, la formulación abstracta del problema de la cooperación, dándole la forma del Dilema del Prisionero, deja de lado muchos rasgos esenciales, que confieren a cada interacción real su carácter único y exclusivo. Entre los ejemplos de lo dejado de lado en la formulación abstracta se cuentan la posibilidad de comunicación verbal, la influencia directa de terceras partes, las dificultades que conlleva la puesta en práctica de una elección determinada, y la incertidumbre al respecto de lo que verdaderamente hizo el otro jugador en la jugada anterior. Añadimos al modelo básico algunas de estas complicaciones en el Capítulo 8. Está claro que la lista de factores potencialmente relevantes que han sido pasados por alto podría alargarse casi indefinidamente. Como es obvio, ninguna persona inteligente tomaría una decisión importante sin tratar de tener en cuenta todos estos elementos de complicación. El valor de un análisis que prescinda de ellos estriba en que puede ayudarnos a esclarecer algunos de

los rasgos más sutiles de la interacción; rasgos que de otro modo podrían quedar perdidos en el laberinto de complejidades de las circunstancias sumamente particulares en las que es preciso tomar la decisión. Es la complejidad misma de la realidad la que confiere su gran utilidad al análisis de una interacción abstracta y lo convierte en instrumento para comprenderla.

En el capítulo siguiente se explora cómo puede surgir la cooperación. Para ello se estudia qué estrategias nos convendría utilizar si nos encontrásemos atrapados en un dilema iterativo como el del Prisionero. Tal exploración se ha efectuado por un procedimiento novedoso, a saber, un campeonato computarizado. Se invitó a profesionales y teóricos de la teoría de juegos a presentar su estrategia favorita, y cada una de las reglas de decisión presentadas fue emparejada con cada una de las demás, para ver cual lograría el mejor rendimiento global. Bastante sorprendentemente, la estrategia campeona fue la más sencilla de todas las presentadas. Se trataba de TOMA Y DACA, la estrategia que coopera en la primera jugada y a partir de entonces hace lo mismo que haya hecho el otro jugador en su turno anterior. Se llevó a cabo una segunda ronda del torneo, en la que participaron en pie de igualdad muchos más programas, enviados tanto por aficionados como por profesionales, todos los cuales conocían los resultados de la primera ronda. ¡El resultado fue una nueva victoria de TOMA Y DACA! El análisis de los datos obtenidos en estos torneos computarizados parece revelar cuatro propiedades que contribuyen al buen éxito de una regla de decisión. La estrategia debe evitar conflictos innecesarios, y mostrarse cooperante en tanto vaya cooperando el otro jugador; debe ser provocable ante una defección injustificada por parte del otro; ha de ser indulgente, una vez respondida la provocación; y su conducta debe ser clara, a fin de que el otro jugador pueda adaptarse a su norma de comportamiento.

Los resultados anteriores, obtenidos en los torneos, demuestran que en condiciones idóneas puede verdaderamente surgir la cooperación en un mundo de egoístas no sometidos a una autoridad central. A fin de ver justamente cuán amplio es el campo de aplicación de los resultados anteriores, adoptamos en el Capítulo 3 un enfoque teórico. Se demuestran en él una serie de proposiciones que no sólo ponen de manifiesto qué requisitos exige el nacimiento de la cooperación, sino que además proporcionan la historia cronológica de la evolución de la cooperación. He aquí, de forma sucinta, la esencia del razonamiento. Para que la cooperación evolucione es necesario que

los individuos tengan una probabilidad suficientemente grande de volver a encontrarse, de modo que tengan algo que ganar en una futura interacción. Si se supone cumplida esta condición, la cooperación puede evolucionar en tres etapas.

1. El comienzo de la historia es que la cooperación puede iniciarse incluso en un mundo que tenga por norma la defección incondicional. Tal desarrollo *no puede* producirse si la cooperación tan sólo es practicada por individuos dispersos a quienes les resulte virtualmente imposible interactuar entre sí. Sin embargo, la cooperación puede evolucionar a partir de pequeños grupos apiñados de individuos que fundamenten su cooperación en el principio de reciprocidad, cuando una cierta proporción de sus interacciones se lleve a cabo con miembros de su mismo grupo, incluso aunque esta proporción sea pequeña.
2. El nudo de la historia es que una estrategia basada en la reciprocidad puede desenvolverse con éxito en un mundo donde se estén practicando gran número de estrategias de diferentes tipos.
3. El desenlace es que la cooperación fundada en la reciprocidad, una vez establecida, es capaz de defenderse a sí misma de la invasión de estrategias menos cooperativas. Por así decirlo, los engranajes de la evolución social tienen un retén de enclavamiento.

En los Capítulos 4 y 5 se examinan situaciones concretas, con la finalidad de poner de manifiesto lo amplio que es el campo de validez de los resultados anteriores. El Capítulo 4 está dedicado al fascinante ejemplo del sistema de *vivir y dejar vivir,* que emergió durante la guerra de trincheras, en la Primera Guerra Mundial. En mitad de este agrio conflicto, los soldados destacados en el frente evitaban muchas veces disparar a matar, siempre y cuando su comedimiento fuera correspondido por los soldados del bando contrario. El hecho que hizo posible esta mutua moderación fue la naturaleza estática de la guerra de trincheras, en la cual las mismas pequeñas unidades permanecían enfrentadas durante largos períodos. Los soldados de estas pequeñas unidades enfrentadas llegaban verdaderamente a infringir las órdenes de sus Altos Mandos, buscando lograr la cooperación tácita de sus enemigos. Un examen detallado de este caso muestra que cuando se dan las condiciones de la cooperación, ésta puede iniciarse y resultar estable en situaciones que, por lo demás, parecerían sumamente poco prometedoras. En particular, el sistema de *vivir y dejar vivir* pone de manifiesto que mal puede ser tenida la

amistad por necesaria para el desarrollo de la cooperación. En condiciones adecuadas, la cooperación, fundada en el principio de reciprocidad puede desarrollarse incluso entre antagonistas.

El Capítulo 5, escrito en colaboración con William D. Hamilton, especialista en biología evolutiva, demuestra que la cooperación puede nacer incluso entre individuos desprovistos de capacidad de previsión. Ello se consigue mostrando cómo la *Teoría de la Cooperación* logra explicar las pautas de conducta observadas en una amplia diversidad de sistemas biológicos, que van desde las bacterias a las aves. En los sistemas biológicos puede darse la cooperación sin que los participantes estén emparentados, e incluso aunque no puedan apreciar por sí mismos las consecuencias de sus propias conductas. Los mecanismos evolutivos de la genética y de la supervivencia de los más aptos hacen posible que así suceda. Un individuo capaz de lograr de otro una respuesta que le sea beneficiosa tiene mayores probabilidades de tener una descendencia que sobreviva y prosiga las pautas de conducta que provocaron de otros respuestas benéficas. Así pues, en condiciones adecuadas, la cooperación fundada en la reciprocidad resulta ser estable en el mundo biológico. Se enuncian aplicaciones potenciales para aspectos específicos de la territorialidad, el apareamiento y la enfermedad. La conclusión es que el énfasis que Darwin puso en la ventaja del individuo puede, efectivamente, explicar el fenómeno de la cooperación entre individuos de una misma especie, e incluso de especies diferentes. En tanto se den las condiciones adecuadas, la cooperación puede ponerse en marcha, prosperar y resultar estable.

Aunque para la evolución de la cooperación no sea imprescindible la capacidad de previsión, no cabe duda de que la favorece mucho. Por consiguiente, los Capítulos 6 y 7 están dedicados, respectivamente, a aconsejar a participantes y reformadores. El Capítulo 6 expone con detalle qué consecuencias pueden extraer de la Teoría de la Cooperación quienes se encuentren en un Dilema del Prisionero. Desde el punto de vista del participante, su objetivo es lograr para sí lo más posible, independientemente de lo que el otro jugador pueda hacer. Se ponen a disposición del individuo cuatro sugerencias sencillas, fundadas en los resultados de los torneos y en proposiciones formales: no envidiar los éxitos del otro jugador; no ser el primero en no cooperar; devolver tanto la cooperación como la defección; y no ser demasiado listo.

La comprensión del punto de vista de los participantes puede ser-

vir de fundamento para ver qué puede hacerse para facilitar el desarrollo de la cooperación entre egoístas. Por ello, el Capítulo 7 adopta el olímpico punto de vista de un reformador que quisiera modificar los términos mismos en que se produce la interacción, a fin de promover el nacimiento de la cooperación entre egoístas. Se examina una amplia variedad de métodos, entre ellos, hacer más perdurables y frecuentes las interacciones entre los participantes, enseñar a los participantes a preocuparse unos por otros, y enseñarles el valor de la reciprocidad. Este enfoque, propio del reformador, arroja luz sobre una amplia diversidad de temas, que van desde la fuerza de la Administración hasta las dificultades con que se enfrentan los gitanos, y desde la ética del TOMA Y DACA hasta el arte de redactar tratados internacionales.

El Capítulo 8 generaliza a nuevos dominios las consecuencias de la Teoría de la Cooperación. En él se muestra cómo pueden influir sobre los modos concretos de manifestarse la cooperación los distintos tipos de estructura social. Por ejemplo, las formas en que unas personas se relacionan y tratan con otras suelen estar influidas por características observables, como sexo, edad, color de piel y estilo indumentario. Estos rasgos externos pueden llevar a estructuras sociales basadas en estereotipos, y a una jerarquización en clases sociales. Se examina también el papel que desempeña otra estructura social, la reputación. La lucha por crearse y mantener una reputación puede ser una de las características fundamentales de conflictos muy violentos. Por ejemplo, la «escalada» decretada por el gobierno estadounidense en la guerra del Vietnam, tuvo por causa fundamental el deseo de mantener en la escena mundial una determinada reputación, a fin de disuadir otros retos que pudieran hacerse a los intereses de los EE.UU. En este capítulo se examina también la preocupación de los gobiernos por mantener frente a los ciudadanos una determinada reputación. Para ser eficaz, el gobierno no puede imponer las normas que quiera, sino que ha de conseguir de la mayoría de los gobernados el respeto y la obediencia a las normas. Para ello es necesario establecer las normas de modo que a la mayoría de los gobernados casi siempre les resulte ventajosa la obediencia. Las consecuencias que comporta esta forma de entender la autoridad son fundamentales para su correcto funcionamiento, y quedan ilustradas por las normas sobre contaminación industrial y por la supervisión de los acuerdos de divorcio.

Al llegar al último capítulo, la discusión habrá evolucionado des-

de el estudio de la emergencia de la cooperación entre individuos egoístas hasta el análisis de lo que sucede cuando las personas *sí* cuidan unas de otras, y a lo que sucede cuando sí existe una autoridad central. No obstante, el enfoque fundamental es siempre el mismo: al observar cómo operan los individuos, al actuar en interés propio, queda de manifiesto lo que le acontece al grupo entero. Con este planteamiento se llega a lograr más que la mera comprensión del punto de vista de un solo jugador; permite comprender también lo que hace falta para promover la estabilidad de la cooperación en una situación dada. El hallazgo más prometedor de todos es que si los hechos fundamentales de la Teoría de la Cooperación son conocidos por jugadores con capacidad previsora, la evolución de la cooperación puede ser acelerada.

Segunda parte

COOPERACION

Capítulo II

EL EXITO DE *TOMA Y DACA* EN LOS TORNEOS COMPUTARIZADOS

Dado que el Dilema del Prisionero es tan frecuente en tantas circunstancias, desde las relaciones personales a las internacionales, convendría saber cuál es la mejor forma de actuar cuando uno se encuentra en situaciones de ese tipo. Sin embargo, la proposición del capítulo anterior pone de manifiesto la inexistencia de una estrategia óptima: el mejor resultado depende, en parte, de lo que verosímilmente vaya a hacer el otro jugador. Además es probable que lo que vaya a hacer el otro jugador dependa de lo que él espera que vayamos a hacer nosotros.

Para salir de este embrollo podemos buscar ayuda repasando los estudios ya realizados en torno al Dilema. Por fortuna ha sido mucha la investigación desarrollada en este campo.

Valiéndose de sujetos experimentales, los psicólogos han descubierto que en el Dilema del Prisionero iterativo la cantidad de cooperación lograda, así como la norma específica para alcanzarla, dependen de una amplia variedad de factores, que guardan relación con el contexto del juego, las peculiaridades de los jugadores individuales y la forma de relación que tengan éstos. Dado que el comportamiento en este juego refleja muchos aspectos importantes de la conducta de las personas, el Dilema iterativo ha llegado a convertirse en un mé-

todo normal de investigación en cuestiones de psicología social, que van de los efectos de la occidentalización en Africa Central (Bethlehem, 1975), pasando por la existencia (o inexistencia) de agresividad en mujeres con aspiraciones de carácter profesional (Baefsky y Berger, 1974), hasta las consecuencias diferenciales entre los estilos de razonamiento abstracto y de pensamiento concreto (Nydegger, 1974). En los últimos quince años se han citado en *Psychological Abstracts* centenares de artículos referentes al Dilema del Prisionero. El Dilema iterativo se ha convertido en la *E. coli* de la psicología social.

Tanta importancia como pueda revestir el papel del Dilema del Prisionero iterativo como campo de realización de experimentos lo tiene su carácter de fundamento conceptual para la creación de modelos de procesos sociales importantes. El modelo de carrera armamentística ideado por Richardson está basado en un tipo de interacción que es, en esencia, un Dilema del Prisionero que se juega una vez al año con los presupuestos nacionales de los países en competencia (Richardson, 1960; Zinnes, pp. 330-40). También la competencia entre oligopolios admite como modelo este Dilema (Samuelson, 1973, pp. 503-5). Los ubicuos problemas que plantea toda acción colectiva encaminada a la producción de un bien colectivo son analizables mediante modelos fundados en Dilemas del Prisionero con muchos jugadores (G. Hardin, 1982). Incluso las transacciones de votos han sido analizadas mediante modelos fundados en el Dilema (Riker y Brams, 1973). En realidad, son muchos e importantes los procesos políticos, sociales y económicos en los que los modelos mejor desarrollados están cimentados sobre el Dilema del Prisionero iterativo.

Existe todavía un tercer tipo de bibliografía referente al Dilema. Esta literatura va más allá de las cuestiones empíricas que se plantean en el laboratorio o en el mundo real, y se vale en cambio del juego, abstractamente considerado, para analizar ciertos aspectos fundamentales de carácter estratégico, como pueden ser el significado de la racionalidad (Luce y Raiffa, 1957), las decisiones que afectan a otras personas (Schelling, 1973) y la cooperación sin compulsión externa (Taylor, 1976).

Desafortunadamente, ninguno de estos tres tipos de literatura relativa al Dilema del Prisionero nos revela gran cosa acerca de cómo jugar bien. La literatura de carácter experimental no es de gran ayuda, porque casi todo ella se ocupa del análisis de las decisiones tomadas por jugadores que están viendo por vez primera una versión formalizada del juego. Aunque es muy posible que los sujetos expe-

rimentales tengan abundante experiencia en situaciones de la vida cotidiana similares al Dilema, su capacidad para apelar a esta experiencia en un marco formalizado seguramente sea muy reducida. En algunos de los artículos relativos a este dilema se analizan las decisiones tomadas por élites económicas y políticas experimentadas en situaciones reales, pero la información que aportan no nos presta gran ayuda, a causa del ritmo relativamente lento al que se producen casi todas las interacciones de alto nivel, y por la dificultad de mantener bajo control circunstancias cambiantes. En conjunto, no han podido ser identificadas y analizadas por este procedimiento más que unas cuantas docenas de decisiones. Finalmente, en la literatura de carácter abstracto dedicada al estudio de interacciones estratégicas se consideran, por lo común, variantes del Dilema del Prisionero iterativo destinadas a eliminar el propio Dilema, para lo cual se introducen variantes en el juego, tales como permitir que las decisiones de los jugadores sean interdependientes (Howard, 1966; Rapoport, 1967), o imponer gravámenes a la defección (Tideman y Tullock, 1976; Clarke, 1980).

Para saber más sobre cómo elegir eficazmente en el marco del Dilema iterativo se requiere una nueva vía de aproximación. Tal método tendría que basarse en personas con una comprensión rica de las posibilidades de carácter estratégico inherentes a situaciones de suma no nula, en las cuales los intereses de quienes intervienen en ellas son en parte concordantes y en parte antagónicos. Sería preciso tener en cuenta dos hechos importantes relativos a situaciones de suma no nula. Primero, la proposición del capítulo anterior revela que lo eficaz depende no sólo de las características de cada estrategia particular, sino también de la naturaleza de las otras estrategias con las que haya de interactuar. El segundo punto importante es consecuencia inmediata del primero. Una estrategia eficaz ha de poder tener en cuenta cómo se ha ido desarrollando la historia de la interacción hasta el momento actual.

Los requisitos anteriores quedan debidamente cubiertos en un campeonato computarizado de Dilema del Prisionero iterativo. En un torneo computarizado, cada participante redacta un programa en el que toma cuerpo una regla destinada a decidir si en cada jugada concreta se debe o no cooperar. El programa tiene a su disposición el historial de la partida hasta el presente, y puede servirse de él para decidir qué procede hacer en cada lance del juego. Si los participantes son seleccionados entre personas familiarizadas con el Dilema se les podrá garantizar a los inscritos que sus reglas de decisión habrán

de enfrentarse a las de otros competidores bien informados. Tal proceder garantizaría además que en cada torneo estuviesen representados los últimos progresos sobre el problema, o como se ha dado en decir, «el estado de las artes».

Deseoso de saber qué ocurriría, invité a especialistas profesionales de la teoría de juegos a enviar programas para un torneo exacto al descrito. El torneo se haría por el sistema de liga, es decir, cada uno de los programas presentados sería emparejado con cada uno de los demás. Tal como se anunció en las reglas del torneo, cada programa presentado fue también emparejado con su gemelo exacto, y con un programa llamado AZAR, que coopera o no aleatoriamente, con la misma probabilidad. Cada partida constó de 200 jugadas, exactamente [1]. La matriz de pagos de cada jugada era la ya conocida, descrita en el Capítulo 1; remuneraba a los jugadores con 3 puntos en el caso de mutua cooperación, y con 1 punto en el caso de defección mutua. Si uno de los jugadores no cooperaba, mientras que el otro sí lo hacía, el primero recibía 5 puntos, mientras que el jugador cooperante recibía 0 puntos.

Ninguno de los programas presentados quedó descalificado por exceder del tiempo concedido. En realidad se llevo a cabo cinco veces completas la liga del campeonato, a fin de buscar una estimación más estable de las puntuaciones de cada par de jugadores. El número total de jugadas fue de 120.000, lo que exigió tomar 240.000 decisiones individuales.

Los catorce aspirantes presentados procedían de cinco disciplinas: psicología, economía, ciencias políticas, matemáticas y sociología. En el Apéndice A se da la relación de los nombres de los participantes y de las instituciones a que pertenecen, así como la posición en que quedaron clasificados sus programas.

Uno de los aspectos destacables del torneo fue que permitió la interacción de especialistas de disciplinas diferentes en un mismo formato y lenguaje. Casi todos los participantes seleccionados habían publicado artículos sobre la teoría de juegos en general, o sobre el Dilema del Prisionero, en particular.

El programa TOMA Y DACA, presentado por el Profesor Anatol Rapoport, de la Universidad de Toronto, quedó vencedor en el tor-

[1] En la segunda ronda del torneo la longitud de las partidas fue variable, como se explica en el texto.

neo. Siendo el más sencillo de todos los programas presentados, ¡resultó ser el mejor!

Evidentemente, TOMA Y DACA comienza optando por cooperar, y a partir de ese momento, hace lo que el otro jugador haya hecho en la jugada anterior. Esta regla de decisión es, con toda probabilidad, la más conocida y analizada de todas las reglas de juego en el Dilema del Prisionero. Es muy fácil de comprender y de programar. Se sabe que es capaz de educir un elevado grado de cooperación cuando se juega con seres humanos (Oskamp, 1971; W. Wilson, 1971). En tanto que participante en un torneo computarizado, tiene las deseables propiedades de no ser muy fácil abusar de ella (no ser *explotable),* y de alcanzar muy buenos resultados al interactuar con su gemela. Tiene la desventaja de ser excesivamente generosa con la regla de puro AZAR, que los participantes sabían que intervendría en el torneo.

Se sabía, por otra parte, que TOMA Y DACA iba a ser un serio competidor. En un torneo preliminar, TOMA Y DACA quedó clasificada en segundo lugar. Casi todos los que diseñaron programas para el Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero tenían conocimiento de los hechos anteriores, pues se les enviaron copias de una descripción del torneo preliminar. Nada sorprendentemente, muchos de ellos aplicaron el principio de TOMA Y DACA, y trataron de perfeccionarlo.

Pero lo que llama la atención es que *ninguno* de los programas más complejos que fueron presentados logró tan buenos rendimientos como la sencilla versión original de TOMA Y DACA.

Tal resultado contrasta netamente con los torneos computarizados de ajedrez, en los que la complejidad es evidentemente necesaria. Por ejemplo, en el Segundo Campeonato Mundial de Ajedrez Computarizado, el programa menos complejo de los presentados quedó último (Jennings, 1978). Fue presentado por Johann Joss, de la *Eidgenössische Technische Hochschule* de Zürich, en Suiza. Joss presentó también un programa al Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero, consistente en una ligera modificación de TOMA Y DACA, pero su modificación, como las de los demás, no logró sino degradar el rendimiento de la regla de decisión.

El análisis de los resultados puso de manifiesto que ni la disciplina a que perteneciera el autor, ni la brevedad del programa —ni su *longitud*— permiten explicar el éxito de una regla respecto de las demás. ¿Qué, entonces?

Antes de responder a esta pregunta viene a cuento una observación al respecto de la interpretación de las puntuaciones numéricas. En una partida de 200 jugadas, una marca útil de muy alto rendimiento son 600 puntos, equivalentes a la puntuación lograda por un jugador cuando ambos bandos cooperan siempre el uno con el otro. Otra marca útil, que corresponde a un rendimiento muy malo es la de 200 puntos, equivalente a la puntuación alcanzada por los jugadores cuando ninguno de los dos bandos coopera jamás con el otro. Casi todas las puntuaciones oscilan entre los 200 y los 600 puntos, si bien son teóricamente posibles puntuaciones comprendidas entre 0 y 1.000 puntos. El vencedor, TOMA Y DACA, alcanzó un promedio de 504 puntos por partida.

Sorprendentemente, existe una propiedad única y específica que distingue a las reglas de juego participantes que alcanzaron puntuaciones relativamente elevadas de las que alcanzaron puntuaciones relativamente bajas. Es la propiedad de *portarse decentemente;* es decir, de no ser nunca la primera en no cooperar. Aquí llamaremos *decentes* a tales reglas. (Para facilitar el análisis de este torneo, se relajará la definición de regla decente, para dar cabida a aquellas reglas que no son las primeras en no cooperar antes de las últimas jugadas; por ejemplo, antes de la jugada 199.)

Todas y cada una de las ocho reglas mejor clasificadas fueron decentes. Ninguna de las demás lo fue. Más aún, existe incluso una notable discontinuidad entre las puntuaciones de las reglas decentes y las alcanzadas por las demás. Las decentes recibieron en el torneo puntuaciones comprendidas entre 472 y 504, mientras que la mejor de las reglas no decentes solamente recibió 401 puntos. Así pues, el no ser la primera en no cooperar, al menos hasta que prácticamente vaya a terminar el juego, fue una propiedad que absolutamente por sí sola discriminó en este Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero a las reglas de mayor éxito de las menos venturosas.

Cada una de las reglas decentes logró unos 600 puntos al interactuar con cada una de las otras siete reglas decentes y con su propia gemela. Así sucede porque cuando juegan dos reglas decentes es seguro que van a cooperar una con otra prácticamente hasta el final del juego. En realidad, las pequeñas variantes tácticas de final de partida no comportaron grandes alteraciones en los resultados.

Dado que todas las reglas lograron alrededor de 600 puntos al actuar unas con otras, lo que diferenció las clasificaciones relativas de las reglas decentes fueron sus puntuaciones al actuar con reglas no de-

centes. Esto es obvio. Lo que no es evidente es que las clasificaciones relativas de las ocho reglas de cabeza estuviesen en gran medida determinadas por solamente dos de las otras siete reglas participantes. Estas dos reglas son las *coronadoras de reyes*, porque aunque no logren demasiado para sí, son las que en gran medida determinan la clasificación entre los aspirantes mejor situados.

La más importante de las coronadoras de reyes se basaba en un principio de «maximización de resultados», que inicialmente fue concebido como una posible interpretación de lo que hacen los sujetos humanos en experimentos sobre el Dilema del Prisionero realizados en el laboratorio (Downing, 1975). Esta regla, llamada DOWNING, reviste por derecho propio un especial interés. Vale bien la pena estudiarla como ejemplo de regla de decisión fundada en una idea verdaderamente refinada. A diferencia de muchas de las otras, no es una mera variante de TOMA Y DACA. Se funda en el intento de comprender al otro jugador, y tomar después la decisión que, de acuerdo con tal conocimiento, proporcione mejores resultados a largo plazo. La idea es que si el otro jugador no parece tener en cuenta lo que DOWNING está haciendo, DOWNING tratará de quedarse con lo que pueda no cooperando. Por otra parte, si el otro jugador parece mostrar sensibilidad a la conducta de DOWNING, éste cooperará. Para juzgar en qué medida responde el otro, DOWNING hace una estimación de la probabilidad de que el otro coopere después de haber cooperado él, y también, la probabilidad de que el otro jugador coopere después de que DOWNING no lo haga. Tras cada jugada, DOWNING va actualizando su estimación de estas dos probabilidades condicionales, y después selecciona la opción que hará máximas sus ganancias a largo plazo, bajo la hipótesis de que es correcta la imagen que se ha formado del otro jugador. Cuando ambas probabilidades condicionadas tienen valores parecidos, DOWNING considera que es preferible no cooperar, dado que el otro jugador parece comportarse igual tanto si DOWNING coopera como si no. Recíprocamente, si el otro jugador tiende a cooperar tras haberlo hecho DOWNING, y tiende a no hacerlo cuando éste no lo hace, es decir, si este otro jugador parece tener sensibilidad, DOWNING considerará que lo que más conviene hacer con un jugador sensible es cooperar. En ciertas circunstancias, DOWNING llegará incluso a estimar que la estrategia más conveniente será ir alternando cooperación y defección.

Al comienzo de la partida, DOWNING no conoce los valores de estas probabilidades condicionadas correspondientes al otro jugador.

Supone entonces que son cada una de 0,5, pero no le asigna peso alguno a esta hipótesis conforme se desarrolla el juego y le va llegando información verdadera.

Se trata de una regla de decisión verdaderamente refinada, pero su puesta en práctica tiene un fallo. Al empezar suponiendo que el otro jugador es insensible, DOWNING se ve condenado a no cooperar en las dos primeras jugadas. Estas dos defecciones iniciales provocan que otras muchas reglas castiguen a DOWNING, por ello las cosas suelen empezar mal. Pero ése es precisamente el motivo por el que DOWNING hizo tan bien su papel de creador de reyes. Tanto el primer clasificado, TOMA Y DACA, como el segundo, TIDEMAN y CHIERUZZI, reaccionaron ambos de modo tal que DOWNING aprendió a esperar que la defección no diese dividendos, mientras que la cooperación sí. La totalidad de las restantes reglas decentes fueron de mal en peor al habérselas con DOWNING.

La causa de que las reglas decentes salieran bien paradas en el torneo se debió, en gran medida, a que hubo un número suficiente de ellas como para que las unas elevasen de forma importante la puntuación media de las otras. En tanto la otra regla cooperase, era seguro que cada una de las reglas cumplidoras continuaría cooperando hasta, prácticamente, el final de la partida. ¿Pero qué ocurría si se producía una defección? La respuesta de las distintas reglas fue muy diferente y tuvo gran importancia para determinar su éxito global. Una noción clave a este respecto es la de la *indulgencia* de una regla de decisión. La indulgencia de una regla puede ser descrita, de modo informal, como su propensión a cooperar en las jugadas posteriores a la defección del otro jugador [2].

De todas las reglas de decisión decentes, la que puntuó más bajo fue también una de las menos indulgentes. Se trata de FRIEDMAN, una regla totalmente implacable, que aplica el principio de la represalia permanente. Nunca es la primera en no cooperar, pero en cuanto la otra lo hace, aunque sólo sea una vez, FRIEDMAN nunca vuelve a cooperar. En contraste con ella, la regla vencedora, TOMA Y DACA, no perdona durante una jugada, pero a partir de ahí olvida totalmente la defección que ha sufrido. Tras un castigo, lo pasado, pasado.

Una de las razones de que las reglas no decentes no prosperaran

[2] Se trata de una definición de indulgencia más amplia que la utilizada por Rapoport y Chammah (1965, pp. 72-73), que para ellos es la probabilidad de cooperación en la jugada consecutiva a aquella en que se recibe el pago del ingenuo, I.

demasiado en el torneo fue que la mayoría de las reglas que tomaban parte en él no eran muy indulgentes. Una ilustración concreta podrá sernos útil. Fijémonos en el caso de JOSS, artera regla que trata de defraudar impunemente de cuando en cuando. Esta regla de decisión es una variante de TOMA Y DACA. Lo mismo que ésta, deja de cooperar inmediatamente después de que lo haga el otro jugador. Pero en lugar de cooperar siempre que el otro jugador lo haga, un 10 por ciento de las veces defrauda después de haber cooperado el otro, tratando así, de cuando en cuando, de explotar impunemente al otro jugador.

Aunque esta regla de decisión no parece ser sino una ligera variante de TOMA Y DACA, en realidad su rendimineto global fue mucho peor, y es interesante comprender exactamente por qué. La Tabla 1 muestra el desarrollo, jugada por jugada, de una partida entre JOSS y TOMA Y DACA. Al principio estuvieron cooperando ambos jugadores, pero en la sexta jugada JOSS puso en práctica una de sus defecciones probabilísticamente determinadas. En la jugada siguiente, JOSS volvió a cooperar, mientras que TOMA Y DACA no lo hizo, en represalia a la anterior defección de JOSS. Entonces JOSS no colaboró, en respuesta a la defección de TOMA Y DACA. En efecto, la única defección de JOSS en la sexta jugada provocó un *eco* que fue reverbe-

TABLA 1

Partida de carácter ilustrativo entre TOMA Y DACA y JOSS

jugadas	1-20	11111	23232	32323	23232
jugadas	21-40	32324	44444	44444	44444
jugadas	41-60	44444	44444	44444	44444
jugadas	61-80	44444	44444	44444	44444
jugadas	81-100	44444	44444	44444	44444
jugadas	101-120	44444	44444	44444	44444
jugadas	121-140	44444	44444	44444	44444
jugadas	141-160	44444	44444	44444	44444
jugadas	161-180	44444	44444	44444	44444
jugadas	181-200	44444	44444	44444	44444

Puntuaciones en esta partida: TOMA Y DACA 236; JOSS 241
Leyenda: 1 ambos jugadores cooperaron
2 solamente cooperó TOMA Y DACA
3 solamente cooperó JOSS
4 ninguno de los dos cooperó.

rando entre JOSS y TOMA Y DACA. La consecuencia de este efecto de eco fue que JOSS no colaboró en todas las jugadas posteriores de numeración par, y que TOMA Y DACA lo hiciera en todas las impares.

En la jugada vigésimoquinta, JOSS volvió a las andadas con otra de sus defecciones probabilísticamente determinadas. Como es obvio, TOMA Y DACA replicó no cooperando en la jugada siguiente, desencadenando así otro sistema de ecos reverberantes. Tomados conjuntamente, estos dos ecos tuvieron por efecto el que ambos jugadores no cooperaran en ninguna jugada a partir de la número 25. Tal serie de defecciones mutuas supuso el que cada uno de ellos solamente obtuviera un punto por jugada durante todo lo que restaba de partida. La puntuación final de este juego fue de 236 para TOMA Y DACA y de 241 para JOSS. Fijémonos en que a pesar de que JOSS obtuvo resultados algo mejores que TOMA Y DACA, tanto los del uno como los del otro fueron pobres [3].

El problema nació de la combinación de una esporádica defección de JOSS, a pesar de que el otro había colaborado, sumada a la no indulgencia a breve plazo por ambas partes. La moraleja es que si ambas partes van a tomar represalias del mismo modo que lo hicieron JOSS y TOMA Y DACA, no resulta rentable ser tan codicioso como JOSS lo fue.

Una de las principales lecciones que enseña este torneo es la importancia de hacer mínimos los efectos de reverberación cuando se opera en un ambiente donde las fuerzas de unos y otros son comparables. Cuando una defección aislada puede llegar a desencadenar una larga serie de recriminaciones y contrarrecriminaciones, ambos bandos resultan perjudicados. Un análisis refinado y minucioso del problema debería profundizar como mínimo hasta el tercer nivel, a fin de tener en cuenta los efectos de eco. En un primer nivel de análisis se estudian las consecuencias inmediatas de una decisión. Ello es fácil, ya que con la defección se gana siempre más que con la cooperación. El segundo nivel considera los efectos indirectos, teniendo en cuenta que el otro bando puede o no castigar una defección. Esta parte del análisis fue, sin duda, entendida por muchos de los participantes. Pero el tercer nivel profundiza más, y tiene en cuenta el hecho de que al responder a las defecciones del otro bando, uno puede estar repitiendo e incluso amplificando una decisión anterior de tratar

[3] En los cinco juegos en que se enfrentaron, las puntuaciones promedio fueron de 225 para TOMA Y DACA, y de 230 para JOSS.

de explotar al contrario. Así pues, una defección aislada puede parecer beneficiosa al ser analizada por sus efectos directos, y quizás incluso al tener en cuenta sus efectos secundarios. Pero sus verdaderos costos pueden estar en los efectos terciarios, cuando las defecciones esporádicas que uno realiza pueden desembocar en una serie interminable de recriminaciones mutuas. Sin darse cuenta, muchas de estas reglas acaban realmente por castigarse a sí mismas. Este aspecto de la autopenalización, en el cual el otro jugador hace el papel de mecanismo que retrasa en unas pocas jugadas el autocastigo, no fue detectado por muchas de las reglas de decisión.

A pesar de que ninguna de las tentativas de lograr reglas de decisión más o menos refinadas llegó en realidad a funcionar mejor que TOMA Y DACA, fue fácil descubrir varias reglas de decisión que hubieran funcionado sensiblemente mejor que TOMA Y DACA en el ambiente del torneo. La existencia de tales reglas debiera servir de aviso contra la fácil convicción de que la mejor estrategia es necesariamente la de *ojo por ojo*. Hay por lo menos tres reglas sencillas que hubieran ganado el torneo de haber sido presentadas.

El programa de muestra, enviado a los posibles concursantes para mostrarles cómo presentar programas al concurso, hubiera en realidad ganado el torneo si alguien se hubiera tomado la molestia de recortarlo y enviarlo de vuelta. ¡Pero nadie lo hizo! Para que el programa de muestra no cooperase era necesario que el otro jugador no lo hiciese consecutivamente en las dos jugadas anteriores. Se trata de una versión de TOMA Y DACA más indulgente que la ordinaria, pues no castiga las defecciones aisladas. El excelente rendimiento de esta regla de TOMA POR DOS DACAS, hace resaltar el hecho de que uno de los errores más comunes de los participantes consistió en suponer que se podrían lograr mayores ganancias siendo relativamente menos indulgente que TOMA Y DACA, cuando en realidad se podrían lograr grandes ventajas siéndolo incluso algo más. Las consecuencias de este hecho son muy llamativas, pues sugieren que ni siquiera los expertos en estrategia conceden peso suficiente a la importancia de ser indulgente.

La mayor parte de los concursantes disponía también de otra regla que les hubiera dado la victoria en el torneo; se trataba de la regla que quedó vencedora en el torneo preliminar, un informe del cual fue utilizado para reclutar a los participantes. Esta regla, llamada PROSPECTIVA (Look Ahead) se inspiraba en técnicas de inteligencia artificial utilizadas para la confección de programas ajedrecísticos.

Vale la pena destacar que las técnicas de inteligencia artificial podrían haber inspirado una regla verdaderamente superior a cualquiera de las estrategias específicamente ideadas por los especialistas en teoría de juegos para el Dilema del Prisionero.

Una tercera regla que hubiera ganado el torneo consiste en una ligera modificación de DOWNING. Si la presunción inicial de DOWNING hubiera sido que los demás jugadores iban a mostrarse receptivos y no indiferentes, también ella hubiera ganado, y por amplio margen. El coronador de reyes hubiera sido rey. La hipótesis inicial de DOWNING referente a la conducta de los otros jugadores fue pesimista. Una presunción optimista no sólo hubiera sido más atinada, sino que su rendimiento hubiera sido muy superior. La regla hubiera acabado en el primer puesto, y no en el décimo [4].

Estos resultados, obtenidos del análisis de reglas adicionales, refuerzan un tema que emana del análisis de los propios programas participantes en el torneo, a saber, que su excesiva competitividad les resultaba desventajosa. En primer lugar, muchas de ellas defraudaron sin provocación, apenas comenzado el juego, una característica que a la larga habría de resultarles muy costosa. En segundo lugar, la dosis ideal de indulgencia era considerablemente mayor que la mostrada por cualquiera de las reglas (con la posible excepción de DOWNING). Y en tercer lugar, el programa que más se diferenciaba de los demás, DOWNING, se empantanó a causa de su injustificado pesimismo en lo tocante a la respuesta inicial de los demás.

El análisis de los resultados del torneo indica que hay mucho que aprender sobre como desenvolverse en un ambiente donde las partes disponen de fuerza propia. Incluso especialistas en estrategia, profesionales de las ciencias políticas, la sociología, la economía, la psicología y las matemáticas cometieron los errores sistemáticos de ser más competitivos de lo conveniente para sí mismos, no ser suficientemente indulgentes y ser excesivamente pesimistas acerca de la sensibilidad del otro bando.

La efectividad de una determinada estrategia depende no sólo de sus propias características, sino también de la naturaleza de las restantes estrategias con las que debe interactuar. Por tal motivo, los re-

[4] En el ambiente de las 15 reglas del torneo, DOWNING REVISADA lograría por término medio 542 puntos. Podemos comparar este valor con el de TOMA Y DACA, que quedó vencedora con 504 puntos. TOMA Y DOS DACAS lograría 532 puntos en el mismo ambiente, y PROSPECTIVA un promedio de 520 puntos.

sultados de un único torneo no son concluyentes. Y por ello, se llevó a cabo una segunda vuelta.

Los resultados de la segunda ronda proporcionan un fundamento sustancialmente mejor para comprender de verdad la naturaleza de las decisiones que son eficaces en el Dilema del Prisionero. La causa de que así sea es que a todos los participantes en la segunda vuelta se les dio un análisis detallado de la primera, incluida una discusión de las reglas adicionales que hubieran salido muy bien libradas en el ambiente de la primera ronda. Así pues, los concursantes de la segunda vuelta no sólo estaban al tanto de los resultados de la primera, sino también del aparato conceptual utilizado para analizar el éxito, y los fallos de tipo estratégico que fueron descubiertos. Sabían, además, que los demás tenían esta información. Así pues, era de suponer que la segunda vuelta comenzase a un nivel de refinamiento estratégico muy superior al de la primera, siendo de esperar que sus resultados dieran, correspondientemente, indicaciones tanto más valiosas para decidir eficazmente en el Dilema del Prisionero.

La segunda ronda supuso también una gran mejora sobre la primera, en lo puramente referente al tamaño del torneo. La participación fue mucho mayor de lo que se presumió. En total se presentaron sesenta y dos programas, procedentes de seis países. Los participantes fueron reclutados principalmente a través de anuncios en revistas de microinformática. También fueron invitados a probar suerte por segunda vez los especialistas en teoría de juegos que participaron en la primera ronda. Los participantes iban desde un aficionado a los microordenadores, de diez años de edad, hasta profesores de informática, de ciencias físicas, economía, psicología, matemáticas, sociología, ciencias políticas y de teoría de la evolución biológica. Los países representados fueron Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña, Noruega, Suiza y Nueva Zelanda.

La segunda ronda ofreció la oportunidad tanto para poner a prueba la validez de los temas desarrollados en el análisis del primer torneo, como para desarrollar nuevas nociones que explicasen éxitos y fracasos. También los participantes sacaron lecciones de la experiencia de la primera ronda, aunque personas distintas extrajeron diferentes enseñanzas. Lo que resulta particularmente esclarecedor en la segunda ronda es el modo en que realmente interactuaron programas inspirados en diferentes enseñanzas.

TOMA Y DACA fue el más sencillo de los programas presentados en la primera ronda, y TOMA Y DACA ganó la primera ronda. Fue tam-

bién el más sencillo de los concursantes de la segunda edición, y ganó la segunda edición. A pesar incluso de que todos los participantes en la segunda edición del campeonato sabían que TOMA Y DACA había ganado en la primera ronda, nadie logró idear una estrategia que lo hiciera mejor.

Dicha regla de decisión les era conocida a todos los participantes de la segunda ronda, porque todos disponían del informe de la precedente, demostrativo de que TOMA Y DACA había sido la regla de mayor éxito hasta el momento. Los participantes habían leído los razonamientos relativos a su capacidad para provocar un buen grado de cooperación al jugar con seres humanos; sabían que no se deja explotar fácilmente, que se desenvolvió bien en el torneo preliminar y de qué modo ganó en la primera ronda. El informe de esta primera ronda explicaba también algunas de las razones de su éxito, destacando, en particular, su propiedad de no ser nunca la primera en no cooperar *(decencia)* y su propensión a cooperar tras una defección del otro jugador *(indulgencia)* con la excepción de una sola jugada de castigo.

A pesar de que una de las reglas del torneo permitía a cualquier participante presentar cualquier programa, incluso aunque su autor fuese otra persona, tan sólo una persona presentó TOMA Y DACA, a saber, Anatol Rapoport, quien ya lo presentara la primera vez.

La segunda ronda del torneo se desarrolló de igual modo que la primera, con la salvedad de que fueron eliminados los pequeños efectos de final de partida. Tal como se anunciaba en las reglas, la duración de los juegos estaba determinada probabilísticamente, con probabilidad igual a 0,00346 de que la partida concluyese en una jugada determinada [5]. Ello equivale a tomar $W = 0{,}99654$. Dado que nadie sabía el momento exacto en que se produciría el final de la partida, los efectos de final de partida quedaron satisfactoriamente subsanados en la segunda ronda.

A pesar de la victoria de TOMA Y DACA, ni los programas breves

[5] Tal probabilidad de que la partida finalice en cada jugada específica fue elegida con la finalidad de que la media esperada para las duraciones de las partidas fuese de 200 jugadas. En la práctica, cada pareja de jugadores actuó cinco veces, y la duración de estas partidas fue determinada de una vez por todas por extracción de una muestra aleatoria. La muestra aleatoria resultante correspondiente a la distribución de probabilidad supuesta especificaba que las cinco partidas a celebrar por cada par de jugadores tendrían duraciones de 63, 77, 151, 156, y 308 jugadas. Así pues, la duración media de las partidas resultó ser algo inferior a lo esperado, quedando en 151 jugadas.

destacaron señaladamente por término medio sobre los más largos, ni a la inversa (a pesar de la mayor complejidad de los segundos).

No es fácil determinar qué elementos fueron determinantes para el éxito en la segunda ronda, porque había 3.969 modos de emparejar las 63 reglas (contando entre ellas la de puro AZAR) por el sistema de liga, de todos contra todos. La gran matriz de puntuaciones alcanzadas en el torneo se da en el Apéndice A, juntamente con información relativa a los participantes y a sus programas. En total, en la segunda ronda se produjeron más de un millón de jugadas individuales.

Lo mismo que en la primera ronda, *portarse bien* resultó rentable. De ordinario, ser el primero en no cooperar resultó muy costoso. Más de la mitad de las estrategias presentadas eran decentes, y así pues, como es obvio, la mayoría de los participantes extrajeron de la primera ronda la lección de que no es rentable ser el primero en no cooperar.

En la segunda ronda volvió a darse una correlación sustancial entre la decencia de las reglas y la bondad de sus resultados. De las quince reglas clasificadas en cabeza, todas excepto una (clasificada octava) fueron reglas decentes. La totalidad de las quince colistas, menos una, fueron todas no decentes. La correlación global entre el carácter cumplidor de la regla y la puntuación alcanzada en el torneo fue un significativo 0,58.

Lo mismo que antes, ninguno de los atributos personales de los participantes tuvo correlación significativa alguna con el rendimiento de sus reglas. Ni los profesores universitarios obtuvieron resultados significativamente mejores que los demás, ni tampoco destacaron los participantes americanos. Tampoco sobresalieron significativamente los autores de programas en FORTRAN sobre quienes los redactaron en BASIC, a pesar de que utilizar FORTRAN suele indicar que se tiene acceso a algo más que un microordenador de categoría mínima. En el Apéndice A se dan los nombres de los participantes en el orden en que quedaron clasificados, así como alguna información acerca de ellos y de sus programas.

Una propiedad que discrimina bien entre las propias reglas decentes es el grado de presteza y fiabilidad con que replican a las acciones provocadoras del otro jugador. Se puede decir que una regla es *vengativa* si deja de cooperar inmediatamente después de una defección «injustificada» del otro. El significado exacto de «injustificada» no está determinado con exactitud. Lo esencial, sin embargo, es

que a menos que una estrategia sea incitada a responder de inmediato a los desafíos del otro jugador, el otro puede limitarse, sencillamente, a sacar cada vez mayor partido de una estrategia tan *bonachona.*

Hubo en la segunda ronda cierto número de estrategias que efectuaron deliberadamente un número controlado de defecciones, para ver qué podrían arrebatar impunemente. En gran medida, lo que determinó las clasificaciones definitivas de las reglas decentes fue su capacidad para habérselas con esas *caraduras.* Dos *desvergonzadas* especialmente importantes a este respecto fueron las que llamaré TANTEADORA y TRANQUILIZADORA.

TANTEADORA fue presentada por David Gladstein, y quedó clasificada en el torneo en la posición 46. Está diseñada para aprovecharse de reglas bonachonas, pero cambia de actitud tan pronto el otro deja ver que no está dispuesto a dejarse explotar. La regla tiene de insólito el defraudar ya en la primera jugada, tanteando al otro para ver como responde. Si el otro tampoco coopera, TANTEADORA pide disculpas, cooperando en la jugada siguiente, y jugando a «toma y daca» durante el resto de la partida. En caso contrario coopera en las jugadas segunda y tercera, y a partir de ese momento defrauda en una jugada sí y otra no. TANTEADORA hizo un buen trabajo explotando a varias reglas suplementarias que se hubieran desenvuelto bien en el ambiente de la primera ronda del campeonato. Por ejemplo, TOMA POR DOS DACAS no deja de cooperar hasta que el otro jugador lo haya hecho en las dos jugadas precedentes. Ahora bien, TANTEADORA jamás deja de cooperar dos veces seguidas. Por consiguiente, TOMA POR DOS DACAS coopera siempre con TANTEADORA, y es malamente explotada por su generosidad. Fijémonos en que TANTEADORA no quedó demasiado bien situada en el campeonato. Su papel, más bien, fue el de hacer que las reglas más bonachonas tuvieran puntuaciones bajas.

Para ver otro ejemplo de cómo TANTEADORA les causa dificultades a otras reglas con buenos resultados en la primera ronda, fijémonos en las tres variantes del principio de maximización del resultado, de Leslie Downing. Se presentaron, independientemente, dos programas DOWNING REVISADO, fundados en DOWNING, que tan prometedor parecía en la primera ronda. Fueron remitidos por Stanley F. Quayle y por el propio Leslie Downing. Llegó también una versión, ligeramente modificada, de un juvenil competidor de once años, Steve Newman. Sin embargo, las tres fueron explotadas por TANTEA-

DORA, dado que todas calcularon que lo mejor que se podría hacer con un programa que cooperaba justo un poco más de la mitad de las veces después de la propia cooperación sería seguir cooperando. En realidad, hubieran salido mejor librados haciendo lo que TOMA Y DACA y otros muchos de los programas de cabeza hicieron, que fue defraudar inmediatamente en la segunda jugada, como respuesta a la defección de TANTEADORA en la primera. En tal caso, TANTEADORA se hubiera disculpado enseguida, y las cosas hubieran ido mejor a partir de entonces.

TRANQUILIZADORA ilustra un procedimiento más sutil de sacar partido a muchas reglas, y, por consiguiente, los desafíos que propone son más sutiles. Primero busca establecer con el otro jugador una relación mutuamente remuneradora; sólo entonces procura, cautelosamente, ver si le van a permitir quedarse con algo. TRANQUILIZADORA fue presentada por Craig Feathers, y quedó clasificada en posición vigesimoséptima en el torneo. Se trata de una regla que normalmente coopera, pero que está dispuesta a no hacerlo si el otro jugador lo hace con excesiva frecuencia. Así pues, la regla tiende a cooperar durante la primera docena de jugadas, o así, si es que el otro jugador también coopera hasta entonces. Tan sólo entonces lanza una defección no provocada. Tras esperar hasta que se haya desarrollado una norma de mutua cooperación, trata de sosegar suficientemente al otro jugador como para que le perdone algunas defecciones esporádicas. Si el otro jugador continúa cooperando, las defecciones van haciéndose más frecuentes. Pero en tanto TRANQUILIZADORA mantenga un pago promedio de al menos 2,25 puntos por jugada, jamás dejará de cooperar dos veces sucesivas y no defrauda tampoco más de una vez de cada cuatro: procura no forzar demasiado su suerte.

Para habérselas con reglas *caraduras* como TANTEADORA y TRANQUILIZADORA es preciso estar dipuesto a tomar represalias tras cada defección «injustificada» de la otra. Así pues, si bien la decencia da buenos resultados, también la vindicación los da. La regla TOMA Y DACA combina estas deseables propiedades. Es *cumplidora*, es *indulgente* y es *vengativa*. Nunca es la primera en no cooperar; es capaz de perdonar una defección aislada tras devolver el golpe; pero siempre es incitada por una defección, por muy buena que haya sido la interacción hasta el momento.

Las enseñanzas de la primera ronda del torneo influyeron en el ambiente de la segunda, dado que es de suponer que los concursantes estuvieran familiarizados con los resultados de aquélla. En el in-

forme de la primera ronda del Campeonato Computarizado del Dilema del Prisionero (Axelrod, 1980) se llegaba a la conclusión de que no sólo resultaba rentable la decencia, sino también la indulgencia. Los participantes en la segunda ronda sabían que reglas de decisión tan indulgentes como TOMA POR DOS DACAS y DOWNING REVISADA hubieran logrado mejores resultados aún que TOMA Y DACA en el ambiente de la primera ronda.

Al parecer, muchos de los concursantes de la segunda ronda confiaban en que tales conclusiones siguieran todavía siendo válidas. De las 62 reglas presentadas, 39 eran decentes, y casi todas ellas, al menos hasta cierto grado, indulgentes. La propia TOMA POR DOS DACAS fue presentada por John Maynard Smith, especialista en biología evolutiva del Reino Unido, pero quedó clasificada tan sólo en el puesto 24. Como ya se ha mencionado, DOWNING REVISADA fue presentada por dos veces. Pero en el segundo torneo quedó clasificada en la mitad inferior de la tabla.

Lo que parece haber ocurrido es una interesante interacción entre quienes extrajeron de la primera ronda unas enseñanzas, y quienes extrajeron otras. La Lección Primera decía: «Sed cumplidores e indulgentes». La Lección Segunda era de carácter más explotador: «Si los demás van a ser cumplidores e indulgentes, puede resultar rentable tratar de aprovecharse de ellos». Quienes se fijaron en la Lección Primera sufrieron en la segunda vuelta a manos de quienes extrajeron la Lección Segunda. Reglas como TANTEADORA y TRANQUILIZADORA explotaron eficazmente a las reglas bonachonas. De todos modos, quienes extrajeron la Lección Segunda tampoco salieron demasiado bien librados. La razón es que al tratar de explotar a otras reglas, acabaron por ser lo suficientemente castigadas como para hacer la partida menos remuneradora para *ambos* jugadores de lo que hubiera sido la pura cooperación mutua. Por ejemplo, las propias TANTEADORA y TRANQUILIZADORA tan sólo alcanzaron los puestos 26 y 47, respectivamente. Ninguna de ellas superó a la puntuación lograda por TOMA Y DACA con más de dos tercios de las reglas. Ninguna de las demás participantes que trataron de aplicar la conclusión explotadora de la Lección Segunda consiguió tampoco aproximarse a la cumbre.

Aunque las conclusiones de la Lección Segunda tendían a invalidar las de la Lección Primera, ninguno de los participantes que trató de explotar a las reglas bonachonas logró recibir por su conducta más beneficios que perjuicios. Los programas con más éxito tendieron a ser variantes relativamente pequeñas de TOMA Y DACA, diseñados

para reconocer y renunciar a todo intento de cooperación con jugadores como AZAR o con jugadores nada cooperativos. Pero la puesta en práctica de tales ideas no logró mejores resultados que la forma pura de TOMA Y DACA. De este modo, TOMA Y DACA, que se defendió bien con casi todo el mundo, ganó en la segunda ronda del torneo, exactamente como había vencido en la primera.

¿Hubieran sido muy diferentes los resultados de la segunda ronda si la distribución de participantes hubiera sido muy diferente? Dicho de otro modo, ¿se defenderá bien TOMA Y DACA en una amplia diversidad de ambientes? Es decir, ¿se trata de una estrategia *robusta?*

Una buen forma de examinar esta cuestión consiste en construir una serie de torneos hipotéticos, cada uno con una distribución muy diferente de los tipos de reglas participantes. En el Apéndice A se explica el método de construcción de estos torneos drásticamente modificados. El resultado fue que TOMA Y DACA ganó en cinco de las seis principales variantes del torneo, quedando segunda en la sexta. Es esta una prueba muy sólida de lo muy robusto que verdaderamente es el éxito de TOMA Y DACA.

Otro modo de examinar la robustez de los resultados consiste en construir toda una serie de hipotéticas futuras rondas del torneo. Algunas de las reglas tuvieron tan poco éxito que sería muy improbable que fueran nuevamente utilizadas en futuros torneos, mientras que otras tuvieron el éxito suficiente como para que fuera probable su permanencia en los torneos posteriores. Por esta razón, nos resultaría de gran ayuda analizar lo que ocurriría a lo largo de una serie de torneos si las reglas de mayor éxito llegaran a ser una parte cada vez mayor del entorno de cada regla, mientras que los encuentros con las menos prósperas fueran cada vez menos frecuentes. Este análisis sería una seria prueba del buen funcionamiento de una regla, porque el éxito prolongado exigiría que una regla se desenvolviera bien con otras reglas prósperas.

La biología evolucionista proporciona otro modo útil de considerar este problema dinámico (Trivers, 1971; Dawkins, 1976, pp. 197-202; Maynard Smith, 1978). Imaginemos que haya muchos animales de una única especie que interactúen muy frecuentemente unos con otros. Supongamos que las interacciones tomen la forma del Dilema del Prisionero. Cuando dos animales se encuentran, pueden cooperar uno con otro, no cooperar uno con otro, o uno de los animales puede explotar al otro. Supongamos además que cada animal pueda reconocer a individuos con los que ya ha interactuado, y

sea capaz de recordar los aspectos más notables de su interacción, como por ejemplo, si el otro animal solía cooperar. Las rondas del torneo pueden ser entonces consideradas como otras tantas generaciones de dichos animales, siendo utilizada cada regla de decisión por un gran número de individuos. Una de las consecuencias convenientes de esta interpretación es que un animal dado puede interactuar con otro animal que se valga de su misma regla de decisión, exactamente lo mismo que puede tropezarse con otro que se valga de una regla distinta.

El valor de esta analogía es que permite la simulación de generaciones futuras de un torneo. La clave estriba en que es más probable que las reglas de mayor éxito vuelvan a ser presentadas en la ronda siguiente, y que en cambio, es menos probable que las de menos éxito vuelvan a serlo. Para formular este hecho con mayor precisión, podemos establecer que el número de copias (o *descendencia)* de una regla dada sea proporcional a la puntuación que esa regla alcance en el torneo. Basta sencillamente con interpretar que la remuneración promedio recibida por un individuo es proporcional al número esperado de descendientes de ese individuo. Por ejemplo, si una regla logra en la primera ronda del torneo una puntuación doble de la obtenida por otra, entonces la primera estará doblemente representada en la siguiente ronda [6]. Así pues, AZAR, pongamos por caso, será menos importante en la segunda generación, mientras que TOMA Y DACA y las demás reglas de alta puntuación estarán mejor representadas.

En términos humanos, una regla que no estuviera puntuando bien tendría menos probabilidades de aparecer en el futuro, por varias razones diferentes. Cabe la posibilidad de que un jugador vaya tanteando distintas estrategias a lo largo del tiempo, y después se decida por la que parece funcionar mejor. Cabe también que una persona, al utilizar una determinada regla, vea que otras estrategias alcanzan mayores éxitos, y, consiguientemente, pase a utilizar una de ellas. Otra posibilidad, todavía, es que personas que ocupan puestos clave, como los miembros del Congreso o los directores generales de empresas, sean removidas de su puesto si la estrategia que están siguiendo no tuviera demasiado éxito. Así pues, el aprendizaje, la imitación y la se-

[6] Este proceso de reproducción crea una segunda generación simulada del torneo, en la cual la puntuación promedio lograda por una regla es la media *ponderada* de su puntuación con cada una de las reglas, siendo los pesos proporcionales al éxito de las demás reglas en la generación inicial.

lección son factores, todos ellos, que intervienen en los asuntos humanos y suscitan procesos que hacen menos probable la aparición de las estrategias de éxito relativamente pequeño.

En el Dilema del Prisionero la simulación de estos procesos es inmediata. La matriz del torneo da la puntuación que cada estrategia logra al enfrentarse a cada una de las restantes. Basta calcular, a partir de las proporciones de cada tipo en una generación dada, cuáles serán las proporciones que existan en la generación siguiente.[7] Cuanto más prospere una estrategia, tanto más crecerá su representación.

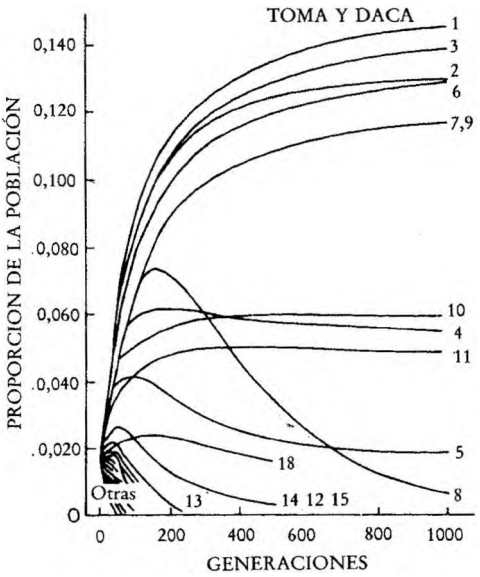
Los resultados nos proporcionan una historia interesante. Lo primero que ocurre es que hacia la quinta generación, las once reglas de puntuación más baja han caído a la mitad de su tamaño inicial, mientras que las clasificadas en la zona central tienden a mantenerse, y las de la sección de cabeza van lentamente creciendo de tamaño. Hacia la quincuagésima generación, las reglas situadas en el último tercio de la tabla virtualmente han desaparecido, mientras que la mayoría de las situadas en el tercio central comienzan a contraerse, y las del tercio superior continúan su crecimiento (véase la figura 2).

Tal proceso asegura la supervivencia de los más aptos. Una regla que por término medio tenga éxito con la distribución de reglas en la población actual llegará a constituir una proporción mayor todavía del ambiente definido por las otras reglas en la generación siguiente. Al principio, una regla que se defienda bien con todo tipo de reglas proliferará, pero más adelante, al desaparecer las reglas menos prósperas, para tener éxito habrá que tenerlo con otras reglas de éxito.

Esta simulación proporciona una perspectiva ecológica, porque no se introducen aquí nuevas reglas de conducta. Se diferencia de la perspectiva evolucionista, que permitiría que las mutaciones introdujesen en el ambiente nuevas estrategias. En el enfoque ecológico hay una distribución cambiante de tipos de reglas dadas. Las reglas me-

[7] Esta simulación de las futuras rondas del torneo se efectúa calculando el promedio ponderado de las puntuaciones de una regla dada con todas las demás, siendo los pesos iguales a los números de las demás reglas que continúan existiendo en la generación en curso. Los números de individuos que aplican en la generación siguiente cada regla dada se toman entonces proporcionales al producto de sus números en la generación actual y de la puntuación que alcanzaron en ella. Este procedimiento supone que en la matriz de pagos los números vienen expresados por cardinales, y no sobre una escala lineal. Es el único ejemplo del libro en el que los números de la matriz de pagos son interpretados como cardinales, y no meramente como valores de un intervalo.

FIGURA 2
Exito ecológico simulado de las reglas de decisión



nos eficaces van haciéndose cada vez menos frecuentes, mientras que las reglas de mayor éxito proliferan. La distribución estadística de los tipos de individuos cambia en cada generación, y ello va modificando el ambiente con el cual debe interactuar cada uno de los tipos individuales.

Al principio, tanto los programas flojos como los buenos están representados en las mismas proporciones. Pero conforme va pasando el tiempo, los más flojos empiezan a decaer, mientras que los más eficaces prosperan. El éxito engendra el éxito, siempre y cuando este éxito provenga de la interacción con otras reglas eficaces. Por otra parte, si el éxito de una regla de decisión procede de su capacidad para explotar a otras reglas, entonces conforme vayan extinguiéndose estas reglas explotadas, la base de sustentación del explotador va erosionándose, y el explotador acaba por sufrir una suerte similar.

Tenemos un buen ejemplo de extinción ecológica en HARRINGTON, que fue la única regla no cumplidora que quedó clasificada entre las quince de cabeza en la segunda ronda. En las primeras dos-

cientas generaciones o así del torneo ecológico, al tiempo que TOMA Y DACA y los demás programas cumplidores prósperos iban aumentando su peso en la población, HARRINGTON iba también aumentando el suyo. Así fue a causa de la estrategia de explotación que HARRINGTON ponía en práctica. Alrededor de la generación número 200 las cosas empezaron a tomar un giro apreciable. Los programas de menor éxito estaban empezando a extinguirse, lo que significaba que HARRINGTON disponía progresivamente de menos presas a quienes explotar. Pronto se encontró Harrington incapaz de seguir el paso de las reglas cumplidoras prósperas, y hacia la generación 1000, HARRINGTON estaba tan extinta como las reglas explotables a las que depredaba.

El análisis ecológico demuestra que prosperar a cuenta de reglas que no sean también prósperas es un proceso que acaba con la propia derrota. No ser cumplidor puede parecer muy atractivo al principio, pero, a la larga, acaba por destruir el ambiente mismo que se necesita para el éxito propio.

Los resultados proporcionaron también otra victoria para TOMA Y DACA. Esta estrategia tenía una muy ligera ventaja en el torneo original, y nunca perdió su ventaja en las generaciones simuladas. Hacia la generación 1000 era la regla de mayor éxito, y su tasa de crecimiento era mayor que la de otra regla cualquiera.

Las calificaciones globales obtenidas por TOMA Y DACA son impresionantes. Recapitulemos: en la segunda ronda, TOMA Y DACA alcanzó la más alta puntuación media de las sesenta y dos reglas presentadas al campeonato. También alcanzó la máxima puntuación en cinco de los seis torneos hipotéticos que fueron construidos ampliando los efectos de diferentes tipos de reglas tomadas de la segunda ronda. Y en el sexto torneo hipotético quedó segunda. Finalmente, TOMA Y DACA nunca perdió su posición de cabeza en una simulación de futuras generaciones del torneo. Sumado lo anterior a su victoria en la primera ronda del torneo, y a su rendimiento francamente bueno en experimentos de laboratorio con sujetos humanos, está claro que TOMA Y DACA es una estrategia de mucho éxito.

La Proposición 1 dice que no existe una regla que sea la mejor en sentido absoluto, con independencia del entorno. Lo que sí se puede afirmar de los éxitos de carácter empírico de TOMA Y DACA es que se trata de una regla muy robusta: obtiene muy buenos resultados en una amplia variedad de ambientes. Parte de su éxito pudo ser debido a que otras reglas preveían su presencia, y estaban diseñadas para fun-

cionar bien con ella. Para lograr buenos resultados con TOMA Y DACA es preciso cooperar con ella, lo cual, a su vez, ayuda a TOMA Y DACA. Incluso reglas, como TANTEADORA, que estaban diseñadas para la rapiña, rápidamente pidieron perdón a TOMA Y DACA. Toda regla que intente aprovecharse de TOMA Y DACA no logrará sino perjudicarse a sí misma. TOMA Y DACA se beneficia de su propia inexplotabilidad porque se cumplen tres condiciones:

1. La probabilidad de encontrarse con TOMA Y DACA es elevada.
2. Una vez que se produce el encuentro, TOMA Y DACA es fácil de reconocer.
3. Una vez identificada, es fácil apreciar la inexplotabilidad de TOMA Y DACA.

Por consiguiente, TOMA Y DACA se beneficia de su propia claridad.

Por otra parte, TOMA Y DACA renuncia a la posibilidad de explotar a otras reglas. Mientras que tal explotación es ocasionalmente fructífera, en numerosos ambientes, los problemas que comporta el intento de explotar a otros son múltiples. En primer lugar, si una regla no coopera para ver qué puede arrebatar a la otra, se arriesga a sufrir las represalias de aquellas reglas que sean provocables. En segundo lugar, una vez establecida una serie de mutuas recriminaciones, puede ser difícil romper la racha. Y finalmente, los intentos por identificar y renunciar a cooperar con reglas insensibles (como AZAR, por ejemplo) condujeron muy frecuentemente a renunciar a cooperar con reglas que en realidad serían recuperables mediante estrategias más pacientes, como la de TOMA Y DACA. Ser capaz de explotar a los explotables, sin tener que pagar un precio excesivo al tratar con los demás, es una tarea que no ha sido satisfactoriamente resuelta por ninguno de los programas presentados a la segunda ronda del torneo.

La explicación de la robustez del éxito de TOMA Y DACA es su combinación der ser *decente*, *vindicativa*, *indulgente* y *clara*. Su decencia le evita complicaciones innecesarias. Su capacidad de vindicación y represalia ayuda a restablecer la mutua cooperación. Y su claridad la hace inteligible para el otro jugador, provocando así una cooperación a largo plazo.

Capítulo III
LA CRONOLOGIA DE LA COOPERACION

El método de los torneos, que fue examinado en el capítulo precedente, exploró lo que sucede cuando es probable que un determinado individuo interactúe con otros muchos jugadores que aplican una estrategia, de entre las muchas posibles. Los resultados mostraron un éxito muy claro de TOMA Y DACA. Además, el análisis ecológico, la simulación de futuras rondas del torneo, sugería que TOMA Y DACA continuaría prosperando, y que eventualmente acabaría por ser virtualmente utilizado por toda la población.

¿Y qué ocurriría entonces? Imaginemos que todo el mundo llegara a utilizar la misma estrategia. ¿Existiría algún motivo para que alguien se valiera de alguna otra estrategia diferente, o seguiría siendo la estrategia de uso común la preferida por todos?

John Maynard Smith, especialista en biología evolucionista, ha ideado un método muy útil para analizar esta cuestión (1974 y 1978). Consiste su método en imaginar la existencia de una población, la totalidad de cuyos individuos obedece a una misma estrategia, a excepción de un mutante, que obedece a una estrategia diferente. Se dice que la estrategia mutante *invade* a la población si el mutante logra obtener remuneraciones más elevadas que los individuos típicos. Dicho de otro modo, podríamos suponer que la población completa

está utilizando una única estrategia, y que un individuo penetra en la población utilizando una estrategia nueva. El recién llegado estará entonces interactuando tan sólo con individuos que utilizan la estrategia nativa. Además, con certeza casi total, los individuos nativos solamente interactuarán con otros nativos, dado que el único recién llegado constituye una fracción despreciable de la población total. Así pues, se puede decir que una nueva estrategia invade a la estrategia nativa cuando el recién llegado recibe, al interactuar con un nativo, una remuneración superior a la que recibe un nativo al tratar con otro nativo. Dado que los nativos forman virtualmente la totalidad de la población, la noción de estrategia invasora es equivalente a que un único individuo mutante sea capaz de prosperar mejor que el promedio de la población. Ello nos conduce a la noción clave del método evolucionista. Se dice que una estrategia es *colectivamente estable* cuando no puede ser invadida por ninguna estrategia [1].

Al interpretar los pagos percibidos por los jugadores como medidas de capacidad biológica (capacidad de supervivencia y número de descendientes), resulta clara la inspiración biológica del método. Todas las mutaciones son posibles, y si una mutación cualquiera fuera capaz de invadir a una población dada, es de presumir que tal mutación tendría la oportunidad de hacerlo. Por tal razón, es de esperar que tan sólo las estrategias colectivamente estables sean capaces de mantenerse a sí mismas, con el carácter de estrategias utilizadas por todos, en el equilibrio a largo plazo. Las aplicaciones de carácter biológico se estudiarán en el Capítulo 5. Por el momento, la tesis es que

[1] Quienes estén familiarizados con la teoría de juegos reconocerán que esta definición de estrategia colectivamente estable equivale a que la estrategia se encuentre en equilibrio de Nash consigo misma. Mis definiciones de invasión y estabilidad colectiva son ligeramente distintas de las definiciones de invasión y estabilidad evolutiva dadas por Maynard Smith (1974). Su definición de invasión permite que el recién llegado reciba, al interactuar con un nativo, la *misma* puntuación que un nativo al encontrarse con un nativo, con tal de que un nativo, al encontrarse con un recién llegado logre más que un recién llegado al encontrarse con otro recién llegado. He utilizado las nuevas definiciones con el ánimo de simplificar las demostraciones y resaltar las diferencias entre los efectos de un solo mutante y los efectos de un pequeño número de ellos. Cualquier regla que sea evolutivamente estable es también colectivamente estable. Para reglas decentes (reglas que nunca son las primeras en defraudar), una y otra definiciones son equivalentes. Todas las proposiciones del texto continúan siendo válidas al sustituir «estabilidad colectiva» por «estabilidad evolutiva», con la excepción del teorema de caracterización, citado en el Apéndice B, donde la caracterización sigue siendo necesaria, pero ya no es suficiente.

las estrategias colectivamente estables son importantes porque son las únicas que una población completa puede mantener a largo plazo frente a cualquier mutante.

La aplicación del principio de estabilidad colectiva al análisis de la conducta de las personas está encaminada a descubrir qué clases de estrategias puede mantener un grupo frente a cualquier otra estrategia alternativa. Si existe una estrategia alternativa, el mutante puede hallarla sea por deliberación consciente, por tanteos más o menos a ciegas, o por pura suerte. Si todo el mundo está utilizando una determinada estrategia y hay alguna otra capaz de mejores resultados en el ambiente de la población actual, puede darse por seguro que antes o después alguien acabará descubriéndola. Así pues, tan sólo las estrategias que no puedan ser invadidas podrán mantenerse a sí mismas como estrategias universalmente utilizadas.

Es pertinente una advertencia al respecto de esta definición de estrategia colectivamente estable. La definición presupone que los individuos que están ensayando estrategias nuevas no interactúan demasiado entre sí [2]. Como se demostrará más adelante, si interactúan apiñados en grupos, resultan posibles desarrollos nuevos muy interesantes.

Una de las dificultades que plantea la noción de estabilidad colectiva en su aplicación al Dilema del Prisionero iterativo es que en la práctica puede resultar sumamente difícil determinar qué estrategias la poseen, y cuáles no. Esta dificultad ha sido tratada por otros autores restringiendo el análisis a situaciones en las que las estrategias son especialmente simples, o considerando tan sólo algún subconjunto de estrategias, arbitrariamente limitado [3]. El problema ha sido resuelto con toda generalidad, lo que hace posible una caracterización de la totalidad de las estrategias colectivamente estables para el Dilema iterativo. Damos tal caracterización en el Apéndice B.

[2] La estabilidad colectiva puede ser interpretada también en términos de un compromiso por parte de uno de los jugadores, en lugar de la estabilidad de una población completa. Supongamos que un jugador esté obligado a utilizar una estrategia dada. Entonces, la condición necesaria y suficiente para que ningún otro jugador pueda hacer nada mejor que utilizar esa misma estrategia es que la estrategia sea colectivamente estable.

[3] El método de limitar la situación ha sido utilizado en diversidad de juegos por Hamilton (1967); el método de imponer limitaciones a las estrategias lo ha sido por Maynard Smith y Price (1973), Maynard Smith (1978) y Taylor (1976). Pueden verse resultados relacionados con los anteriores, referentes a la potencial estabilidad de la conducta cooperativa, en Luce y Raiffa (1957, p. 102), Kurz (1977) y Hirshleifer (1978).

Para nuestros fines actuales, no es necesario ser tan general. Es suficiente tomar una estrategia concreta y ver en qué condiciones es capaz de resistir a la invasión de otra estrategia cualquiera. Una estrategia que vale la pena examinar es la de TOMA Y DACA. Como sabemos, TOMA Y DACA coopera en la primera jugada, y después hace lo mismo que hiciera el otro jugador en la jugada precedente. Por consiguiente, los jugadores de una población en la que utilizasen todos y siempre TOMA Y DACA estarían en todo momento cooperando unos con otros, y cada uno recibiría R por jugada. Para que otra estrategia pueda invadir a esta población, es preciso que el valor de la esperanza matemática de su remuneración sea mayor que R. ¿Qué clase de estrategia podría lograr una remuneración mayor que R al habérselas con un jugador que aplique TOMA Y DACA?

Ante todo hay que decir que una estrategia tal tendría que defraudar en algún momento, pues de no hacerlo obtendría R por jugada, exactamente lo mismo que los restantes jugadores. La primera vez que no coopere obtendrá la tentación T, que es el máximo de los pagos. TOMA Y DACA defraudará inmediatamente. Por consiguiente, TOMA Y DACA podrá evitar ser invadida por una regla tal solamente si es probable que el juego dure lo suficiente como para que la represalia anule la tentación a no cooperar. En efecto, ninguna regla puede invadir a TOMA Y DACA si el parámetro de actualización W es lo suficientemente grande.

Para demostrarlo es preciso utilizar el hecho de que la memoria de TOMA Y DACA se reduce a un movimiento. Así pues, un explotador eficaz podría sacar máximo partido de TOMA Y DACA repitiendo cíclicamente cualquier secuencia de cooperaciones y defecciones que le dé el rendimiento máximo. Por lo reducido de la memoria de TOMA Y DACA, tal secuencia no tiene por qué constar de más de dos movimientos. Por tanto, los explotadores más eficaces tendrían que consistir en series cíclicas de DC (defraudar cooperar) o de DD (que es la estrategia SIEMPRE D). Si ninguna de estas estrategias logra invadir a TOMA Y DACA, ninguna otra podrá, y TOMA Y DACA será colectivamente estable.

Estos potenciales explotadores logran más que R en la primera jugada, y menos que R en la segunda. Por consiguiente, les resultan beneficiosas las situaciones en las que el futuro no revista gran importancia en comparación con el presente. Sin embargo, en cuanto W sea lo suficientemente grande, ni SIEMPRE D ni la alternativa de defección y cooperación lograrán invadir a TOMA Y DACA. Y si ninguna de es-

tas estrategias logra invadir a TOMA Y DACA, ninguna otra podrá. Resulta de aquí nuestra segunda proposición. La demostración se da en el Apéndice B.

PROPOSICION 2. La condición necesaria y suficiente para que TOMA Y DACA sea colectivamente estable es que el valor de W sea suficientemente grande. El valor crítico de W es función de los cuatro parámetros de pago, T, R, P e I[4].

El significado de esta proposición es que si en una población todo el mundo está cooperando con todos los demás, por estar todos utilizando la estrategia de TOMA Y DACA, nadie podrá lograr para sí mejores resultados utilizando otra estrategia, *con tal de que* el futuro proyecte sobre el presente una sombra lo suficientemente grande. Dicho con otras palabras, lo que hace imposible que TOMA Y DACA sea invadida es que el parámetro de actualización, W, sea lo suficientemente grande con respecto a la condición determinada por los cuatro parámetros de pago. Por ejemplo, supongamos que $T = 5$, $R = 3$, $P = 1$ e $I = 0$, como en la matriz de pagos de la Figura 1. En ese caso, TOMA Y DACA es colectivamente estable si la jugada siguiente tiene al menos 2/3 de la importancia de la jugada en curso. En estas condiciones, si todos los demás están utilizando TOMA Y DACA, uno no puede hacer nada mejor que seguir la corriente, y cooperar con ellos. Por otra parte, si W cae por debajo de este valor crítico, resultará rentable ir defraudando una jugada sí y otra no. Y si W es menor que 1/2, resulta rentable incluso no cooperar nunca.

Una de las consecuencias específicas es que cuando es improbable que el otro jugador siga mucho tiempo en activo, por estar dando muestras de debilidad, el valor percibido de W decae, y la reciprocidad de TOMA Y DACA deja de ser estable. He aquí la explicación de César de por qué los aliados de Pompeyo dejaron de cooperar con él: «Consideraban sin esperanza su futuro [el de Pompeyo] y actua-

[4] En particular, el valor crítico de W para hacer que TOMA Y DACA sea colectivamente estable, es el máximo de $(T - R)/(T - P)$ y $(T - R)/(R - I)$. Como ya vimos en el capítulo 1, al interactuar con TOMA Y DACA la puntuación de SIEMPRE D es $T + WP + W^2P + ... = T + WP/(1 - W)$. Cuando $W \geq (T - R)/(T - P)$, dicho valor no es superior al promedio de la población, que es $R/(1 - W)$. Análogamente, la alternancia de D y C, al jugar con TOMA Y DACA, reportará $T + WI + W^2T + W^3I ... = (T + WI)(1 + W^2 + W^4 + ...) = (T + WI)/(1 - W^2)$. Tampoco este valor será superior al promedio alcanzado por la población cuando $W \geq (T - R)/(R - I)$. Puede verse la demostración completa en el Apéndice B.

ron según la regla habitual, por la cual, en la adversidad, los amigos de un hombre se convierten en enemigos suyos.»

Tenemos otro ejemplo en el caso de una empresa al borde de la quiebra que vende sus activos exigibles y efectos pendientes de cobro a un tercero, llamado liquidador. Estas ventas se hacen con un descuento muy importante, porque:

> en cuanto un fabricante comienza a hundirse, hasta sus mejores clientes comienzan a rehusarle el pago de las mercancías, alegando defectos de calidad, incumplimiento de especificaciones, retrasos en la entrega, o quién sabe qué. En las relaciones comerciales, el elemento fundamental de moralización es la continuidad de la relación, la convicción de que uno tendrá que seguir haciendo negocios con este proveedor, o con aquel cliente, y cuando una compañía pierde este elemento fundamental de moralización, ni siquiera el fuerte brazo del liquidador es probable que le encuentre sustituto (Mayer, 1974, p. 280).

Análogamente, cuando se considera probable que un miembro del Congreso pueda verse derrotado en la próxima elección es muy posible que tenga dificultades en lograr de sus colegas transacciones legislativas fundadas, como de ordinario, en la mutua confianza y la propia reputación [5].

Existen otros muchos ejemplos reveladores de lo importante que es la perdurabilidad de la interacción para la estabilidad de la cooperación. Es más fácil mantener las normas de la reciprocidad en una ciudad pequeña o en un entorno étnico estable. Recíprocamente, en las facultades universitarias, es probable que un profesor visitante o interino reciba de sus colegas un trato inferior al que éstos mismos conceden a los numerarios.

Se dio un caso fascinante de desarrollo de la cooperación fundada en la prolongada interacción en la guerra de trincheras de la Primera Guerra Mundial. En medio de este conflicto, tan agrio y brutal, se desarrolló entre los hombres enfrentados lo que se dio en llamar *el sistema de vivir y dejar vivir*. Cuando se les ordenaba atacar, las tropas obedecían, pero durante los intermedios entre las grandes batallas, cada bando evitaba deliberadamente causar grandes daños al otro, siempre y cuando los otros se comportaran recíprocamente. La estrategia no era necesariamente la de TOMA Y DACA. A veces era de

[5] Una consideración de signo contrario sería que un parlamentario en apuros electorales pudiera recibir ayuda de colegas amistosos, deseosos de aumentar las probabilidades de reelección de quien ha demostrado en el pasado ser cooperante, eficaz y digno de confianza.

dos por uno. Como escribió un oficial británico, en sus memorias, del relevo de los franceses en un nuevo sector:

> Cuando se encontraban en un sector tranquilo, los franceses tenían por costumbre *dejar dormir a los perros dormidos*... y procuraban que así quedara claro, contraatacando vigorosamente tan sólo cuando se les provocaba. En uno de los sectores en el que los relevamos, me explicaron que prácticamente tenían un código que el enemigo comprendía bien: devolvía dos disparos por cada uno que recibían, pero nunca disparaban los primeros (Kelly, 1930, p. 18).

Aunque semejantes prácticas de cooperación tácita eran totalmente ilegales, fueron endémicas. Durante dos o tres años este sistema se desarrolló y perfeccionó por sí mismo, a pesar de las pasiones de la guerra y de todos los esfuerzos de los generales para llevar a cabo una política de desgaste continuo. La historia es tan rica, y tan expresivos y esclarecedores sus detalles, que el capítulo siguiente le está dedicado en su totalidad.

Incluso sin profundizar en el episodio de la guerra de trincheras, la aparición de estrategias de dos por uno hace pensar en la necesidad de ser cauteloso al sacar conclusiones de un enfoque limitado sobre la estrategia de TOMA Y DACA en forma pura. Exactamente, ¿hasta qué punto fue aplicable la proposición sobre TOMA Y DACA, donde se afirmaba que ésta era colectivamente estable si y solamente si el futuro de la interacción tenía suficiente importancia? La proposición siguiente afirma que este resultado es verdaderamente muy general, y que, en realidad, es válido para toda estrategia que pueda ser la primera en cooperar.

PROPOSICION 3. Cualquier estrategia que pueda ser la primera en cooperar podrá llegar a ser colectivamente estable si, y solamente si, W es suficientemente grande.

La razón es la siguiente: para que una estrategia sea colectivamente estable tiene que protegerse a sí misma de la invasión de cualquier oportunista caradura, incluida la estrategia que nunca coopera. Si la estrategia nativa cooperase alguna vez, SIEMPRE D lograría T en esa jugada. Por otra parte, la remuneración promedio de la población nativa no puede ser mayor que R por jugada. Así pues, para que el promedio recibido por la población no sea menor que la puntuación de SIEMPRE D, la interacción habrá de durar lo suficiente para que la ganancia de la tentación resulte anulada en las jugadas posteriores. Esta

es la clave de la cuestión; para la demostración formal puede consultarse el Apéndice B.

Tanto TOMA Y DACA como las estrategias de *dos por cada uno* son, ambas, reglas de decisión *decentes,* pues nunca son las primeras en no cooperar. En lo tocante a resistir la invasión, la ventaja de las reglas decentes es que alcanzan la puntuación máxima posible en una población que utiliza un solo tipo de estrategia. Y lo consiguen logrando en cada jugada el premio por mutua cooperación con otro jugador que aplica la misma estrategia.

Las estrategias de TOMA Y DACA y de *dos por cada uno* comparten así mismo otra característica. Ambas se vengan de las defecciones del otro jugador. Tal observación conduce a un principio general, dado que cualquier estrategia colectivamente estable que esté dispuesta a cooperar tiene que lograr de algún modo que a los oportunistas no les sea rentable abusar de ella. El principio general es que las reglas decentes tienen que ser *provocables* por la primera defección del otro jugador, lo que significa que en alguna jugada posterior la estrategia ha de tener una probabilidad positiva de responder con una defección por su parte [6].

PROPOSICION 4. Para que una estrategia cumplidora sea colectivamente estable, es preciso que sea provocada por la primera de las defecciones del otro jugador.

La razón es bastante sencilla. Si una estrategia cumplidora no fuese provocada por una defección en la jugada n-ésima, no sería colectivamente estable, pues una regla de decisión que solamente defraudara en la n-ésima jugada tendría capacidad para invadirla.

Estas dos últimas proposiciones han demostrado que una regla cumplidora puede ser colectivamente estable si el futuro proyecta sobre el presente una sombra suficientemente grande, y si la regla, además, es provocable. Ahora bien, hay una regla que es siempre colectivamente estable, independientemente del valor del parámetro de actualización, W, o de los parámetros de pago, T, R, P e I. Esta regla es SIEMPRE D, la regla que no coopera incondicionalmente.

---

[6] Al analizar los resultados de los torneos, resultó ser útil una noción similar a la de provocabilidad. Fue ésta la noción de regla *vindicativa,* es decir, regla que defrauda inmediatamente después de una defección «injustificada» por parte del otro. La noción de provocabilidad no exige la certidumbre total de represalia, ni tampoco que la respuesta haya de ser inmediata. La noción de regla vindicativa exige ambas cosas.

PROPOSICION 5. La estrategia SIEMPRE D es siempre colectivamente estable.

Si es seguro que el otro jugador no va a cooperar, carece de sentido que nosotros tratemos de cooperar en ningún caso. Cada individuo de una población de jugadores que utilice SIEMPRE D obtendrá P en cada una de las jugadas. No hay forma de que un jugador pueda mejorar este resultado si nunca hay nadie dispuesto a cooperar. Después de todo, la decisión de cooperar no reportaría sino el pago del incauto, I, sin esperanza alguna de compensación en el futuro.

Esta proposición tiene importantes consecuencias para la evolución de la cooperación. Si uno se imagina un sistema que parte de individuos a los que es imposible acicatear para que cooperen, de la estabilidad colectiva de SIEMPRE D se deduce que ningún individuo aislado puede esperar nada mejor que seguir la corriente, y mostrarse igualmente no cooperativo. Un mundo de *malvados* puede resistir la invasión de quienquiera que utilice otra estrategia, siempre y cuando los advenedizos vayan llegando de uno en uno. El problema, como es obvio, es que el recién llegado a tan malvado mundo no tiene a nadie que vaya a devolver su posible cooperación. Sin embargo, si los nuevos colonos llegan apiñados, aunque sea en pequeños grupos, cabe la posibilidad de que la cooperación comience.

A fin de ver cómo puede suceder tal cosa, analizaremos un sencillo ejemplo numérico, que utiliza la matriz de pagos de la Figura 1. En este ejemplo, la tentación para explotar es $T = 5$, la recompensa por la mutua cooperación es de $R = 3$, la pena por mutua defección es $P = 1$ y el pago al incauto es $I = 0$. Supongamos, además, que la probabilidad de que dos jugadores vuelvan a encontrarse sea de $W = 0{,}9$. En ese caso, en una población de malvados que utilizasen todos SIEMPRE D, cada uno de ellos obtendría una remuneración de P en cada jugada, y su puntuación total acumulada sería de 10 puntos.

Supongamos ahora que varios jugadores aplican TOMA Y DACA. Cuando un TOMA Y DACA interactúa con un SIEMPRE D, el TOMA Y DACA es explotado en la primera jugada; a partir de ese momento, jamás vuelve a cooperar con el malvado. Recibe así 0 puntos correspondientes a la primera jugada, y 1 en cada una de las siguientes, con una suma total acumulada de 9 puntos [7]. Tal puntuación es ligera-

[7] Cuando TOMA Y DACA actúa con SIEMPRE D logra $I + WP + W^2P...$ que es igual a $I + WP/(1 - W) = 0 + (0{,}9 \times 1)/0{,}1 = 9$ puntos.

mente inferior a los 10 puntos que los malvados logran al tratar entre sí. Sin embargo, cuando un TOMA Y DACA trata con otro TOMA Y DACA establecen una mutua colaboración ya desde el primer momento, y cada uno de ellos recibe 3 puntos por jugada, con un total acumulado de 30 puntos. Tal puntuación es muy superior a los 10 puntos que los malvados logran al interactuar unos con otros.

Ahora bien, si los TOMA Y DACA representan una fracción despreciable del total de la población, los malvados estarán casi siempre interactuando con otros malvados, y logrando solamente 10 puntos por partida. Así pues, si los jugadores TOMA Y DACA pueden interactuar suficientemente entre sí, pueden lograr puntuaciones medias superiores a estos 10 puntos. Pueden hacerlo así si disponen de suficientes oportunidades de hacer 30 puntos con alguien que retorne su cooperación, en lugar de los 9 de quienes nunca lo hacen. ¿Cuántas serán necesarias? Si un individuo TOMA Y DACA efectúa una proporción p de sus interacciones con otros jugadores TOMA Y DACA tendrá con los malvados la proporción $1\text{-}p$. Así pues, su puntuación media será de $30p + 9\ (1\text{-}p)$. Si esta puntuación es mayor que 10 puntos, resulta rentable utilizar una estrategia TOMA Y DACA en lugar de ser un malvado, como la gran masa de la población. Y así sucederá aunque solamente el 5 por ciento de las interacciones de los jugadores TOMA Y DACA lo sean con otros jugadores TOMA Y DACA[8]. Así pues, incluso un grupo reducido, pero apiñado, de jugadores TOMA Y DACA puede lograr una puntuación media superior a la de la gran población de malvados en la que penetran. Debido a lo bien que prosperan los jugadores de TOMA Y DACA cuando dos de ellos se encuentran, ni siquiera es preciso que tengan que encontrarse con mucha frecuencia para lograr que su estrategia sea superior a la existente.

De este modo, un mundo de malvados puede ser invadido por un grupo apiñado de TOMA Y DACA, y con facilidad, además. Para ilustrar esta tesis, supongamos que en una escuela de ciencias empresa-

---

[8] Los jugadores TOMA Y DACA, en grupo apiñado, lograrán más que los «malvados» siempre que

$30p + 9\ (1 - p) > 10$

o sea, $21p + 9 > 10$

o sea, $21p > 1$

o sea, $p > 1/21$

En este cálculo se ha pasado por alto el despreciable aumento en la puntuación de un nativo típico, debida a la presencia del diminuto grupo de recién llegados. Se dan más detalles en el Apéndice A.

riales se enseñase a los alumnos a iniciar conductas cooperativas desde las empresas en las que ingresen, y a devolver la cooperación que les presten otras empresas. Si los alumnos realmente actuaran de este modo, y si su dispersión no fuese excesiva (de modo que un número suficientemente importante de sus interacciones tuviese lugar con antiguos alumnos de la misma escuela y promoción), los alumnos descubrirían que las lecciones aprendidas producen buenos rendimientos. En el ejemplo numérico anterior, bastaría que una empresa que adoptase la estrategia de TOMA Y DACA tuviese tan sólo el 5 por ciento de sus interacciones con otra empresa que hiciese lo mismo para que ambas pudieran felicitarse de haber dado a la cooperación una oportunidad.

Todavía menor es el apiñamiento necesario cuando se espera que las interacciones sean de más larga duración, o cuando el factor de actualización temporal no sea tan grande. Interpretando a W como la probabilidad de encontrarse una vez más, supongamos que la mediana de la duración de las partidas sea de 200 jugadas (lo que equivale a $W = 0{,}99654$). En tal caso, bastaría que aconteciera una interacción de cada mil con otro partidario de TOMA Y DACA para que esta estrategia pudiera invadir un mundo de SIEMPRE D. Incluso con una longitud mediana de las partidas igual a dos jugadas ($W = 0{,}5$), bastaría que la quinta parte de las interacciones de los jugadores TOMA Y DACA se produjera con individuos de la misma mentalidad para que tuviera éxito la invasión por esta estrategia y emergiera la cooperación.

La noción de invasión por un grupo apiñado puede ser definida con precisión, y aplicada a cualquier estrategia. Supongamos que una estrategia nativa esté siendo utilizada prácticamente por todo el mundo, y que llegue a esa población un pequeño grupo de individuos que se valen de una nueva estrategia, y que interactúan tanto con los otros recién llegados como con los nativos. Sea p la proporción de interacciones de alguien que se valga de la nueva estrategia con otros individuos que la apliquen también. Suponiendo que haya pocos recién llegados, en comparación con los nativos, virtualmente la totalidad de las interacciones de los nativos se producirán con otros nativos. Por lo tanto, la puntuación media de un recién llegado será el promedio ponderado de lo que el recién llegado recibe al tratar con otro recién llegado y de lo que recibe al tratar con un nativo. Los pesos de la combinación lineal son las frecuencias relativas de estos dos acontecimientos, a saber, p y $1\text{-}p$. Por otra parte, la puntuación me-

dia de un nativo es virtualmente idéntica a lo que un nativo logra de otro nativo, dado que los recién llegados son muy escasos. Este razonamiento nos permite establecer que el grupo apiñado de recién llegados puede invadir a los nativos, siempre que los recién llegados traten entre sí con suficiente frecuencia [9].

Fijémonos en que ello presupone que el emparejamiento en las interacciones no sea aleatorio. Si el emparejamiento fuese aleatorio, los recién llegados raramente se encontrarían unos con otros. La noción de apiñamiento sirve para tratar el caso de que los recién llegados sean una parte despreciable del ambiente de los nativos, pero no una parte despreciable del ambiente de los propios recién llegados.

El resultado siguiente muestra cuáles son las estrategias más eficientes para la invasión de SIEMPRE D con un mínimo apiñamiento. Son éstas las estrategias más capaces de discriminar entre sí mismas y SIEMPRE D. Se dice que una estrategia es *maximalmente discriminante* si acaba eventualmente por cooperar, incluso aunque la otra no haya colaborado nunca hasta entonces, y si una vez que ha cooperado nunca más vuelve a cooperar con SIEMPRE D; en cambio, coopera siempre con otro jugador que use la misma estrategia que ella.

PROPOSICION 6. Las estrategias capaces de invadir SIEMPRE D mediante apiñamientos con un valor mínimo de p son las estrategias maximalmente discriminantes, como lo es TOMA Y DACA.

Es fácil ver que TOMA Y DACA es una estrategia *maximalmente discriminante*. Coopera ya en la primera jugada, pero una vez que ha intentado cooperar con SIEMPRE D ya no vuelve a intentarlo nunca más. Por otra parte, la interacción con otro jugador TOMA Y DACA consiste en una serie de acciones cooperativas, sin solución de continuidad. Así pues, TOMA Y DACA discrimina muy bien entre su propia gemela y SIEMPRE D, y esta propiedad le permite invadir un mundo de malvados con el apiñamiento mínimo posible.

Mientras que el apiñamiento sugiere un mecanismo de puesta en marcha de la cooperación en un mundo de malvados, suscita también la cuestión de si podría ocurrir a la inversa una vez que una estrategia como TOMA Y DACA llega a quedar establecida. La realidad es que se presenta en este punto una asimetría tan sorprendente como grata. Para ver en qué consiste, recordemos la definición de estrategia decente, que es una estrategia que, lo mismo que TOMA Y DACA,

[9] Pueden verse más detalles en el Apéndice B.

nunca será la primera en defraudar. Evidentemente, cuando interactúan dos estrategias decentes ambas reciben *R* en cada jugada, que es la máxima puntuación media que puede lograr un individuo cuando interactúa con otro individuo que aplique su misma estrategia. Se deduce de aquí la siguiente proposición.

PROPOSICION 7. Si una estrategia decente no puede ser invadida por un único individuo, tampoco podrá ser invadida por un grupo apiñado.

La puntuación alcanzada por una estrategia que llega apiñada es la media ponderada de la que corresponde a cómo se desenvuelve con individuos de su misma clase, y la correspondiente a lo que logra con la estrategia predominante. Estas dos componentes son menores o iguales que la puntuación alcanzada por la estrategia decente predominante. Por consiguiente, si la estrategia decente predominante no puede ser invadida por un individuo aislado, tampoco podrá serlo por un grupo apiñado.

Esta conclusión comporta el que las reglas decentes no sufran de la debilidad estructural exhibida por SIEMPRE D. La estrategia SIEMPRE D puede repeler la invasión de cualquier otra estrategia con la condición de que estas otras estrategias vayan llegando de una en una. Pero si llegan en grupos apiñados (incluso en grupos bastante pequeños), SIEMPRE D puede ser invadida. Con las reglas decentes, la situación es distinta. Si una regla decente logra resistir la invasión de otras reglas decentes que vayan llegando de una en una, puede resistir la invasión de grupos apiñados, por grandes que sean. Así pues, las reglas decentes pueden protegerse así mismas de un modo que las malvadas no pueden.

Todos estos resultados encajan entre sí, y nos dan una imagen cronológica de la evolución de la cooperación. En el caso ilustrativo del Senado, la Proposición 5 ha demostrado que sin apiñamiento (u otro mecanismo comparable), no se hubiera podido superar la primitiva norma de «traición» mutua. Tal vez estos primitivos núcleos de individuos cooperantes, de importancia crítica, surgieran de los pequeños grupos de representantes que vivían juntos en las casas de huéspedes de la nueva capital, en los tiempos de Jefferson (Young, 1966). Quizá fuera más crítica aún la importancia de las delegaciones de los estados y de las delegaciones de los partidos de los estados (Bogue y Marlaire, 1975). La Proposición 7 demuestra que una vez establecida la cooperación fundada en la reciprocidad, puede permanecer esta-

ble, incluso aunque un pequeño grupo de recién llegados no respete los mores senatoriales. Y ahora que ha quedado establecida la norma de la cooperación, las Proposiciones 2 y 3 demuestran que es colectivamente estable, en tanto la tasa de renovación bianual de congresistas no sea demasiado grande.

Así pues, puede llegar a surgir la cooperación, incluso, en un mundo de defección incondicional. Tal desarrollo no puede producirse si los intentos de colaboración sólo son practicados por individuos dispersos, que no tienen ocasión de interactuar unos con otros. Pero la cooperación sí puede surgir de pequeños núcleos de individuos con capacidad de discriminación, en tanto estos individuos tengan aunque no sea más que una pequeña proporción de sus interacciones unos con otros. Además, si casi todo el mundo llegase a adoptar estrategias decentes (las que nunca son las primeras en no cooperar), estos individuos podrían permitirse, incluso, el ser generosos al tratar con cualesquiera otros. Dado que la relación de unos con otros es tan próspera, una población de reglas cumplidoras logra protegerse así misma no sólo de individuos aislados, sino también de grupos apiñados que se valgan de cualquier otra estrategia. Pero para que una estrategia decente sea estable en el sentido colectivo, tiene que ser provocable; es decir, tener capacidad de represalia. Así pues, la cooperación mutua puede llegar a surgir en un mundo de egoístas no sometidos a una autoridad superior, a partir de un pequeño núcleo de individuos que basan su cooperación en la reciprocidad.

Con el objeto de ver cuán ampliamente válidos son los resultados anteriores, en los dos capítulos siguientes se exploran casos en los que la cooperación ha llegado realmente a surgir. En el primer caso veremos cómo evolucionó la cooperación en plena guerra, a pesar del áspero antagonismo de los jugadores. En el segundo veremos sistemas biológicos en los cuales los animales inferiores no pueden apreciar las consecuencias de sus elecciones. Estos casos demuestran que cuando las condiciones son las correctas, la cooperación puede evolucionar sin amistad y sin previsión.

Tercera parte

COOPERACION SIN AMISTAD NI PREVISION

Capítulo IV

EL SISTEMA «VIVIR Y DEJAR VIVIR», DURANTE LA GUERRA DE TRINCHERAS DE LA PRIMERA GUERRA MUNDIAL

A veces la cooperación surge donde menos se espera. Durante la Primera Guerra Mundial, el Frente Occidental fue escenario de batallas horribles por unos pocos metros de terreno. Pero entre estas batallas, e incluso durante ellas, en otros puntos situados a lo largo de un frente de ochocientos kilómetros que atravesaba Francia y Bélgica, los soldados enemigos solían ejercer moderación y un comedimiento considerables. Un oficial británico, de inspección por las trincheras, afirmó haberse quedado

> estupefacto al observar que soldados alemanes iban y venían tranquilamente, a tiro de fusil, tras sus propias líneas. Nuestros hombres parecían no darse cuenta. En mi fuero interno, me resolví a terminar con cosas como éstas en cuanto tomáramos el relevo; en modo alguno íbamos a consentir cosas así. Evidentemente, esta gente no sabía que estaban en guerra. Al parecer, ambos bandos confiaban en la política de «vivir y dejar vivir» (Dugdale, 1932, p. 94).

No se trata de un ejemplo aislado. El sistema de «vivir y dejar vivir» fue endémico durante la guerra de trincheras. Floreció a pesar de los esfuerzos de los oficiales de alta graduación para ponerle fin, a pesar de las pasiones del combate, a pesar de la lógica militar de

matar o ser muerto, y a pesar de la facilidad con la que el alto mando podía reprimir cualesquiera esfuerzos por conseguir una tregua local.

Tenemos aquí un caso de cooperación surgida a pesar del gran antagonismo entre los jugadores. Como tal, supone un auténtico reto para la aplicación de los conceptos y de la teoría desarrollados en los tres primeros capítulos. En particular, nuestro objetivo principal consiste en utilizar la teoría para explicar:

1. ¿Cómo pudo haberse puesto en marcha el sistema de vivir y dejar vivir?
2. ¿Cómo pudo subsistir?
3. ¿Por qué se vino abajo hacia el final de la guerra?
4. ¿Por qué fue característico de la guerra de trincheras de la Primera Guerra Mundial, dándose en muy pocas otras guerras?

Un segundo objetivo consiste en utilizar este caso histórico para sugerir una ulterior elaboración y desarrollo de los conceptos y la teoría originales.

Afortunadamente se dispone de un estudio, recogido en un libro, del sistema de «vivir y dejar vivir». Esta excelente obra de un sociólogo británico, Tony Ashworth (1980), está basada en diarios, cartas y reminiscencias de los combatientes de las trincheras. Se encontraron materiales virtualmente en la totalidad de las cincuenta y siete divisiones británicas, con un promedio de más de tres fuentes por división. Aunque en menor medida, también se consultaron materiales de fuentes francesas y alemanas. El resultado es un conjunto muy rico de ilustraciones, que son analizadas con gran habilidad a fin de proporcionar una imagen completa del desarrollo y carácter de la guerra de trincheras en el Frente Occidental, durante la Primera Guerra Mundial. Las citas ilustrativas y la interpretación histórica de este capítulo están basadas en la espléndida obra de Ashworth.

Aunque Ashworth no lo plantea de este modo, la situación histórica en los sectores tranquilos del Frente Occidental era la de un Dilema del Prisionero iterativo. En una localidad determinada, puede suponerse que los dos jugadores son las dos pequeñas unidades situadas frente a frente. Las opciones posibles en cada momento dado son disparar a matar, o bien disparar con la intención deliberada de no causar daños. Para ambos bandos, es de gran importancia debilitar al enemigo, pues ello supone mayor probabilidad de supervivencia si el Mando ordena una gran batalla en el sector. Así pues, a corto plazo es preferible causar daño ahora, tanto si el enemigo repele

nuestro fuego como si no. Queda establecido así que la defección mutua es preferible a la moderación unilateral ($P > I$), y que la moderación unilateral del otro bando es preferible a la mutua cooperación ($T > R$). Además, a las unidades locales la remuneración por mutuo comedimiento les resulta preferible al resultado del mutuo castigo ($R > P$), dado que el castigo mutuo supondría que ambas unidades sufrieran, sin que ello les reportase una ventaja relativa; o muy pequeña, en todo caso. Conjuntamente tomadas, tenemos establecido así el sistema fundamental de desigualdades: $T > R > P > I$. Además, ambos bandos preferirían la mutua moderación a la alternancia aleatoria de hostilidades serias, con lo que $R > (T + I)/2$. Así pues, la situación cumple las condiciones de un Dilema del Prisionero entre las pequeñas unidades estáticamente enfrentadas en un sector inmóvil del frente.

Dos pequeñas unidades enfrentadas una a otra, separadas por una tierra de nadie que iba de los 100 a los 400 metros, eran los jugadores de uno de estos Dilemas, potencialmente mortíferos. Podríamos considerar que la unidad básica típica era el batallón, compuesto por unos de 1.000 hombres, la mitad de los cuales se encontraría en primera línea en cualquier momento dado. El batallón desempeñaba un papel preponderante en la vida del soldado de infantería. No solamente organizaba a sus miembros para el combate, sino que también les alimentaba, pagaba, vestía y organizaba los períodos de descanso y los permisos. Todos los oficiales del batallón y la mayoría de los soldados se conocían de vista. Para nuestros propósitos, dos son los factores clave que convertían al batallón en el jugador más típico. Por una parte, era una unidad lo bastante grande como para ocupar en el frente un sector suficientemente amplio «para cargar en su cuenta» las acciones agresivas provenientes de su territorio. Por otra parte, era suficientemente pequeño para poder controlar la conducta individual de sus hombres, a través de diversidad de medios, tanto formales como informales.

Uno de los batallones de un bando podría estarse enfrentando a partes de uno, dos o tres batallones del otro. Así pues, cada jugador podría estar participando simultáneamente en varias interacciones. A lo largo de todo el Frente Occidental podrían estarse produciendo centenares de tales enfrentamientos.

En estos Dilemas tan sólo participaron las unidades pequeñas. Los Altos Mandos de ambos bandos no compartían el punto de vista del soldado corriente, quien decía:

La verdadera razón de la tranquilidad de ciertas secciones del frente era que ninguno de los dos bandos tenía intención de avanzar en ese distrito particular... Si la artillería británica bombardeaba a los alemanes, éstos replicaban y los daños eran iguales: si los alemanes bombardeaban una trinchera avanzada, y mataban a cinco ingleses, una descarga de la fusilería inglesa mataría a cinco alemanes (Belton Cobb, 1916, p. 74).

Para los cuarteles generales de los ejércitos, lo importante era crear en las tropas un alto espíritu ofensivo. Los Aliados, en particular, seguían una política de desgaste, con la cual pérdidas iguales de hombres por ambos bandos significaban una ganancia neta para los Aliados, porque, antes o después, los recursos humanos de Alemania habrían de agotarse. Así pues, a nivel nacional, la Primera Guerra Mundial se aproximaba a un juego de suma cero, en el cual las pérdidas de uno de los bandos eran las ganancias del otro. Pero a nivel local, a lo largo de la línea del frente, la mutua moderación era, con mucho, preferida al recíproco castigo.

El Dilema, localmente, persistía. En cada momento dado era prudente disparar a matar, tanto si el otro bando hacía lo mismo como si no. Lo que hizo que la guerra de trincheras fuese tan diferente de casi todas las demás formas de combate fue el que unas mismas pequeñas unidades se enfrentasen unas a otras durante prolongados períodos de tiempo en los sectores inmóviles. Ello transformó el juego, que pasó de ser un Dilema del Prisionero a una sola jugada, en el cual la defección es la elección dominante, a ser un Dilema iterativo, en el cual son posibles las estrategias condicionales. El resultado estuvo acorde con las previsiones de la teoría: en condiciones de interacción sostenida, el resultado estable podría ser la mutua cooperación fundada en la reciprocidad. En particular, ambos bandos adoptaron estrategias consistentes en no ser los primeros en no cooperar, pero muy provocables si el otro bando no cooperaba.

Antes de continuar examinando la estabilidad de la cooperación, será interesante ver ante todo cómo pudo iniciarse ésta. La primera fase de guerra, que comenzó en agosto de 1914, fue de gran movilidad y muy sangrienta. Pero conforme se fueron estabilizando las líneas, en muchos lugares del frente surgió espontáneamente la política de no agresión entre las tropas. Los primeros ejemplos pueden haber estado asociados con las comidas, que eran servidas aproximadamente a las mismas horas en ambos lados de la tierra de nadie. En fecha tan temprana como noviembre de 1914 un suboficial, cuya unidad llevaba varios días en las trincheras, observó que

la intendencia acostumbraba a traernos las raciones... todas las noches, después de oscurecer; una vez dispuestas, bajaban cuadrillas desde la primera línea a traerlas. Supongo que el enemigo estaba ocupado en los mismos menesteres; así pues, durante un par de noches las cosas estuvieron tranquilas a esa hora, y por ese motivo, las cuadrillas que iban a por las raciones se tornaron descuidadas, y volvían hablando y riendo a sus compañías *(The War the Infantry Knew,* 1938, p. 92).

Hacia las navidades, la confraternización era ya muy amplia, lo cual era muy mal visto por el Mando. En los meses siguientes se produjeron en ocasiones treguas directas, pactadas a gritos o por señas. Un testigo ocular observó que:

En una sección, la hora de 8 a 9 de la mañana estaba considerada como consagrada a «asuntos particulares», y ciertos lugares estaban señalados mediante una banderola como «fuera del alcance» de los tiradores de ambos bandos (Morgan, 1916, pp. 270-71).

Pero las treguas directas fueron suprimidas sin dificultad. Se emitieron órdenes que expresaban con total claridad que los soldados «estaban en Francia para luchar contra el enemigo, y no para confraternizar con él» *(Quinto Batallón de los Camaronianos,* 1936, p. 28). Además, varios soldados fueron sometidos a consejo de guerra; fueron castigados batallones completos [1]. Pronto resultó evidente que los acuerdos de palabra podían ser suprimidos sin dificultad por el Alto Mando, y tales acuerdos se hicieron raros.

Otras causas que desencadenaron la mutua moderación fueron las temporadas de tiempo pésimo. Cuando las lluvias eran lo suficientemente intensas, resultaba virtualmente imposible emprender grandes acciones ofensivas. Con frecuencia se dieron treguas *ad hoc* en períodos de mal tiempo, durante el cual las tropas, sencillamente, no abrían fuego unas contra las otras. A veces, cuando el tiempo mejoraba, la norma de mutua moderación era prorrogada sin más.

Así pues, al principio de la guerra los acuerdos verbales sirvieron eficazmente en muchas ocasiones para poner en marcha la cooperación, pero la fraternización directa fue suprimida con facilidad. A la larga, fueron más eficaces diversos métodos que permitían a los dos bandos coordinar sus acciones sin tener que recurrir a palabras. Un elemento clave fue la comprensión de que si uno de los bandos fuera a ejercitar un tipo particular de moderación, entonces el otro pudiera

[1] Ashworth (1980, pp. 171-75) estima que el sistema de vivir y dejar vivir se dio en alrededor de un tercio de todos los turnos de trincheras de las divisiones británicas.

actuar a la recíproca. Lo semejante de sus necesidades y actividades básicas hicieron darse cuenta a los soldados de que probablemente el otro bando no seguiría una estrategia de defección incondicional. Por ejemplo, en el verano de 1915 un soldado vio que el enemigo seguramente estaría dispuesto a devolver la cooperación, basada en el deseo de raciones frescas.

> Sería un juego de niños bombardear la carretera que corría tras las líneas enemigas, atascada como tiene que estar con carros de provisiones y cisternas de agua... y convertirla en una selva ensangrentada. Pero, en conjunto, hay silencio. Después de todo, si impedimos al enemigo recoger sus raciones, su remedio es sencillo: impedirnos coger las nuestras (Hay, 1916, pp 224-25).

Una vez puestas en práctica, las estrategias fundadas en la reciprocidad podrían diseminarse y expandirse de multitud de modos. Una actitud de moderación a ciertas horas podría prolongarse hasta otras. La moderación en un determinado aspecto podría llevar a intentar otro tipo de moderación. Y lo que es más importante, los progresos que pudieran hacerse en un pequeño sector del frente podrían ser imitados por las unidades de los sectores vecinos.

Tanta importancia como pueda tener el inicio de la cooperación tuvieron las condiciones que permitieron que la cooperación se mantuviera. Las estrategias que pudieron sostener la cooperación mutua fueron las estrategias provocables. Durante los períodos de mutuo comedimiento, los soldados enemigos se tomaron grandes molestias en demostrar a los otros su capacidad para tomar dura venganza si fuera necesario. Por ejemplo, los francotiradores alemanes demostraban su pericia a los británicos apuntando a puntos concretos de la pared de las barracas, y disparando hasta abrir un agujero en ellos (*The War the Infantry Knew*, 1938, p 98). Análogamente, la artillería solía demostrar, con uno o dos tiros cuidadosamente dirigidos, que si quisiera podría causar daños mucho mayores. Estas exhibiciones de capacidad de represalia contribuyeron a mantener el sistema, haciendo ver que la moderación no se debía a debilidad, y que al que no cooperase, la defección le sería contraproducente.

Cuando realmente se producía una defección, la represalia solía ser mucho mayor de lo que exigiría una estrategia de TOMA Y DACA. Era corriente responder con dos por uno, e incluso tres por uno, a aquellos actos que se consideraban transgresiones de lo aceptable.

Salimos por las noches frente a las trincheras.... También las cuadrillas de trabajo alemanas han salido, así que no se considera elegante disparar. Lo verdaderamente horrible son las granadas lanzadas con fusil... Si caen dentro de una trinchera pueden matar a nueve o diez hombres... Pero nosotros nunca usamos las nuestras a menos que los alemanes se vuelvan demasiado ruidosos, pues en su sistema de represalias, por cada granada nuestra devuelven tres. (Greenwell, 1972; p 16-17).

Sin duda existía un proceso intrínseco de amortiguación, que de ordinario impedía que estas represalias condujeran a ecos y reverberación incontrolada de recriminaciones mutuas. El bando que instigase la acción ofensiva sin duda se daría cuenta de la escalada en la réplica, y quizá no tratase de redoblarla o triplicarla. Una vez que la escalada dejaba de aumentar, seguramente tendería a extinguirse. Dado que no todas las balas, bombas y granadas disparadas a matar pueden dar en su objetivo, tendría que haber una tendencia intrínseca a la desescalada.

Otro de los problemas a superar para mantener la estabilidad de la cooperación era la rotación de las tropas. Aproximadamente cada ocho días, el batallón era relevado por otro batallón estacionado detrás de él. Las unidades mayores cambiaban de lugar a intervalos más largos. Lo que permitió que la cooperación permaneciera estable fue el proceso de familiarización que la unidad saliente facilitaba a la unidad entrante, a la que se le explicaban los detalles de los sobrentendidos tácitos con el enemigo. Aunque a veces al saliente le bastaba hacer notar al recién llegado que «el Sr Bosche no es tan mal tipo. Déjalo en paz, y te dejará en paz» (Gillon, s. f., p 77). Esta adaptación al medio permitía a cada unidad reemprender el juego donde la otra lo había dejado.

Otro de los problemas que planteaba el mantenimiento de una cooperación estable se debía a que la artillería era mucho menos vulnerable que la infantería a las represalias del enemigo. Por consiguiente, la artillería se jugaba mucho menos en el sistema de «vivir y dejar vivir». Por esta causa, la infantería tendía a mostrarse solícita con los observadores avanzados de la artillería. Como un artillero alemán comentó al respecto de la infantería: «Si tienen alguna golosina que poder dar, nos la ofrecen como regalo, en parte, desde luego, porque sienten que nosotros les estamos protegiendo» (Sulzbach, 1973, p 71). El propósito era inducir a la artillería a respetar el deseo de la infantería de no *despertar a los perros dormidos*. Cuando llegaba un nuevo observador de artillería, la infantería solía saludarlo con el ruego, «espero que no irá usted a crear problemas». La mejor respuesta era,

«no, a menos que ustedes así lo quieran» (Ashworth, 1980; p. 169). Quedaba de este modo reflejado el doble papel de la artillería en el mantenimiento de la mutua moderación con el enemigo: pasividad, mientras no hubiera provocación; represalia inmediata cuando el enemigo no respetaba la tregua.

Los Altos Mandos de los ejércitos británico, francés y alemán deseaban todos poner fin a las treguas tácitas; todos temían que ello mermase la moral de sus tropas, y todos estuvieron convencidos, a lo largo de toda la guerra, de que la única forma de lograr la victoria era una incesante política ofensiva. Con raras excepciones, el Mando podía hacer cumplir cualesquiera órdenes que pudiera supervisar directamente. Así pues, el Mando podía dirigir grandes batallas, ordenando a sus hombres que abandonasen la protección de la trinchera, y se jugasen la vida cargando contra las posiciones enemigas. Pero en los intervalos entre las grandes batallas, no podían vigilar de cerca el cumplimiento de la orden de mantener la presión [1]. Después de todo, a los oficiales de alta graduación les resultaba muy difícil saber quién estaba disparando a matar, y quién lo hacía con la intención de evitar las represalias. Los soldados llegaron a adquirir gran habilidad en despistar al sistema de supervisión, como cuando una unidad guardaba un rollo de alambre de espino enemigo y enviaba al cuartel general un trozo cada vez que se le pedían pruebas de haber patrullado en la tierra de nadie.

Lo que finalmente destruyó el sistema de «vivir y dejar vivir» fue la instauración de un tipo de agresión incensante que el Mando sí era capaz de supervisar. Esta agresión incesante era el *raid*, la incursión por sorpresa, un ataque cuidadosamente preparado a las trincheras enemigas en el que participaban de 100 a 200 hombres. A los atacantes se les ordenaba matar o capturar al enemigo en sus propias trincheras. Si la incursión tenía éxito, se hacían prisioneros; si resultaba un fracaso, se producían bajas, que serían prueba de la intentona. No había ninguna forma eficaz de fingir que se había efectuado un *raid* cuando no había ocurrido. Y en un *raid* no había ninguna forma eficaz de cooperar con el enemigo, porque no había ninguna posibilidad de intercambiarse soldados vivos ni cadáveres.

El sistema de «vivir y dejar vivir» no pudo soportar la ruptura causada por los centenares de pequeños *raids*. Después de un *raid* nin-

guno de los bandos sabía qué esperar a continuación. El bando que había efectuado la incursión podía esperar represalias, pero no podía predecir cuándo, dónde, o de qué forma. El bando que lo había sufrido estaba igualmente nervioso, sin saber si el *raid* era un ataque aislado, o si sería el primero de una serie. Además, dado que los *raids* podían ser ordenados y controlados desde el Cuartel General, también podía controlarse desde él la amplitud del *raid* de represalia, lo que impedía la amortiguación del proceso. Los batallones se vieron obligados a montar auténticos ataques al enemigo, las represalias no tuvieron amortiguación, y el proceso, realimentado, escapó al control de las unidades participantes.

Irónicamente, cuando el Alto Mando Británico emprendió la política de *raids,* no lo hizo para acabar con el sistemea de «vivir y dejar vivir». Su objetivo inicial fue de carácter político; concretamente, mostrar a los aliados franceses que también los británicos estaban cumpliendo su parte en el hostigamiento del enemigo. La idea que el Alto Mando se hacía de los efectos directos del sistema de *raids* era que incrementaría la moral de las tropas propias, devolviéndoles el espíritu ofensivo, y que acentuaría el desgaste del contrario, al infligirle más bajas de las que las tropas incursoras iban a sufrir. Ha sido objeto de debate desde entonces si las tasas de bajas y los efectos en la moral fueron los previstos. En retrospectiva, lo que está claro es que el efecto indirecto de los *raids* fue destruir las condiciones necesarias para la estabilidad de la moderación tácita, tan ampliamente ejercida en el frente Occidental. Sin darse cuenta exacta de lo que estaba haciendo, el Alto Mando liquidó eficazmente el sistema de «vivir y dejar vivir», al impedir a sus batallones ejercer sus propias estrategias de cooperación basadas en la reciprocidad.

La introducción de *raids* completó el ciclo de la evolución del sistema de «vivir y dejar vivir». La cooperación encontró un asidero, descubierto merced a acciones exploratorias a nivel local; pudo sostenerse gracias a lo prolongado del contacto entre las pequeñas unidades enfrentadas, y quedó finalmente minada cuando estas pequeñas unidades perdieron su libertad de acción. Las pequeñas unidades, como el batallón, se valían de estrategias propias al tratar con las unidades enemigas a que estaban enfrentadas. La cooperación comenzó por emerger espontáneamente en una variedad de contextos, tal como el renunciar a atacar el reparto del rancho al enemigo, la pausa de las primeras Navidades en las fronteras, y la lenta reanudación de la lucha después de que el mal tiempo hubiera hecho casi

imposible el combate sostenido. Estas restricciones evolucionaron rápidamente hacia normas claras de conducta mutuamente comprendida, como la revancha, a razón de dos por uno, o tres por uno, para aquellas acciones consideradas como inaceptables. Los mecanismos de evolución de estas estrategias tuvieron que ser los tanteos, a base de ensayo y error, y la imitación de las unidades vecinas.

Los mecanismos de la evolución no hacían intervenir ni la mutación a ciegas, ni la supervivencia de los más aptos. A diferencia de la mutación a ciegas, los soldados comprendían perfectamente su situación, y se esforzaron activamente por hacerla lo menos ingrata posible. Comprendían las consecuencias indirectas de sus actos, que se concretan en lo que llamo «principio de eco»: «Hacer sufrir al contrario no es sino una forma retardada de buscarse el sufrimiento propio» (Sorley, 1919; p. 283). Las estrategias estuvieron basadas tanto en la reflexión como en la experiencia. Los soldados aprendieron que para mantener una mutua moderación con sus enemigos, tenían que fundar tal moderación en la demostrada capacidad y la firme decisión de responder a la provocación. Aprendieron que la cooperación tenía que basarse en la reciprocidad. Así pues, la evolución de estrategias estaba basada en una adaptación deliberada, y no fue una mera adaptación a ciegas. Tampoco la evolución supuso la supervivencia de los más aptos. Mientras que una estrategia ineficaz podía suponer un mayor número de bajas para la unidad, los reemplazos aseguraban que las unidades propiamente dichas sobrevivirían como tales.

Los orígenes, el mantenimiento, y la destrucción del sistema de «vivir y dejar vivir» de la guerra de trincheras son todos ellos coherentes con la teoría de la evolución de la cooperación. Hay, además, en el seno del sistema de «vivir y dejar vivir», dos desarrollos que son totalmente nuevos a la teoría. Estos desarrollos adicionales son la aparición de una ética y de actos rituales.

La ética que llegó a desarrollarse queda ilustrada por este incidente, relatado por un oficial británico al recordar su experiencia de cuando se enfrentaba a una unidad sajona del Ejército Alemán:

> Estaba yo tomando té con la Compañía A cuando oímos un gran griterío, y salimos a investigar lo ocurrido. Nos encontramos a nuestros hombres y a los alemanes en pie sobre su respectivos parapetos. Súbitamente cayó una salva de artillería, que no causó daño. Naturalmente, ambos bandos se parapetaron, y nuestros hombres comenzaron a maldecir a los alemanes, cuando de pronto, un valiente alemán se irguió en su parapeto y gritó: «Lo sentimos mucho; esperamos que nadie haya sido herido. No es culpa nuestra, es esa maldita artillería prusiana». (Rutter, 1934; p. 29)

Esta disculpa de los sajones va más allá del mero esfuerzo instrumental por evitar la revancha. Refleja el dolor moral por haber violado una situación de confianza, y muestra preocupación por si alguien ha resultado herido.

Los intercambios cooperativos de moderación por ambas partes llegaron verdaderamente a cambiar la naturaleza de la interacción. Tendieron a hacer que ambos bandos se interesasen por el bienestar del otro. Este cambio puede interpretarse mediante el Dilema del Prisionero: la experiencia misma de la cooperación mutua y sostenida modificó los pagos de los jugadores, e hizo que la cooperación mutua fuera mucho más apreciada de lo que lo era antes.

También la recíproca fue cierta. Cuando se deterioró la norma de cooperación mutua, a causa del sistema de *raids* imperativos, se suscitó una poderosa ética de venganza. Esta ética no consistía en seguir tranquilamente una estrategia basada en la reciprocidad. La cuestión consistía también en hacer lo que se juzgaba moral y adecuado para cumplir la propia obligación con el camarada caído. Y la venganza llamó a la venganza. Así pues, tanto la cooperación como la defección fueron auto-reforzantes. El auto-refuerzo de estas mutuas normas de conducta no se concretó tan sólo en las estrategias interactuantes de los jugadores, sino también en la percepción que éstos tenían del significado de los resultados. En términos abstractos, la clave es que las preferencias no solamente afectaron a la conducta y a los resultados, sino que conductas y resultados afectaron también a las preferencias.

La otra adición a la teoría sugerida por la guerra de trincheras fue el desarrollo de rituales. Los rituales adoptaron la forma de un uso descuidado de las armas ligeras, y de un uso deliberadamente inofensivo de la artillería. Por ejemplo, en cierto lugar, los alemanes efectuaron «sus operaciones ofensivas con gran tacto, combinando cuidadosamente el fuego constante con la mala puntería, lo cual, al tiempo que satisface a los prusianos, no causa molestias serias a Thomas Atkins» (Hay, 1916; p. 206).

Más chocante todavía era lo predictible del uso de la artillería en muchos sectores.

> Tan metódicos eran ellos (los alemanes) en su elección de objetivos, horas de bombardeo y número de disparos efectuados, que al cabo de unos pocos día en el frente, el coronel Jones había descubierto su sistema, y conocía al minuto donde caería la próxima granada. Sus cálculos eran muy exactos, y ello le permitió asumir lo que ante los inexpertos ojos del Estado Mayor eran riesgos muy altos, sabedor de que el bombardeo

cesaría antes de que él llegase al lugar que estaba siendo bombardeado (Hills, 1919; p. 96).

El otro bando hacía lo mismo, como observó un soldado alemán al comentar «el cañón del anochecer», disparado por los británicos.

A las siete se producía —tan regularmene que se podía poner el reloj en hora por él... Siempre disparaba al mismo objetivo, su alcance era exacto, y nunca variaba lateralmente ni caía más acá o más allá de la marca... Había incluso tipos curiosos que reptaban fuera de las trincheras... un poco antes de las siete, para verlo hacer explosión (Koppen, 1931; pp. 135-37).

Estos rituales de fuego rutinario y superficial comportaban un doble mensaje. Para el Alto Mando significaban agresión, pero para el enemigo significaban paz. Los hombres parecían estar poniendo en práctica una política de agresión, pero en realidad no era así. El propio Ashworth explica que estas estilizadas acciones eran más que una forma de evitar las represalias.

Durante la guerra de trincheras, una estructura de agresión ritualizada era una ceremonia donde los antogonistas participaban en descargas recípocras y regulares de proyectiles, es decir, bombas, balas y demás, que simbolizaban y fortalecían, a uno y un mismo tiempo, tanto los sentimientos de camaradería, como la convicción de que el enemigo era otro camarada de fatigas (Ashworth, 1980; p. 144).

Así pues, estos rituales ayudaron a fortalecer las sensaciones morales que reforzaron la base evolutiva del sistema de «vivir y dejar vivir».

El sistema de «vivir y dejar vivir», que surgió durante la amarga guerra de trincheras de la Primera Guerra Mundial, hace ver que mal puede ser tenida la amistad por necesaria para que comience la cooperación basada en la reciprocidad. En condiciones idóneas, la cooperación puede desarrollarse incluso entre antagonistas.

Una de las cosas que los soldados de las trincheras tenían a su favor era una clara comprensión del papel de la reciprocidad en el mantenimiento de la cooperación. El capítulo siguiente se vale de ejemplos biológicos para demostrar que en realidad no es absolutamente necesaria tal comprensión en los participantes para que la cooperación llegue a surgir y resultar estable.

Capítulo V

LA EVOLUCION DE LA COOPERACION EN SISTEMAS BIOLOGICOS

(Con William D. Hamilton)

En capítulos anteriores tomamos prestadas de la biología evolutiva diversas nociones, con el fin de que nos ayudaran a analizar la emergencia de la cooperación entre personas. En este capítulo devolvemos el favor. Los hallazgos y la teoría ya desarrollados para comprender a las personas serán aplicados al análisis de la cooperación en la evolución biológica. Una importante conclusión extraída de esta investigación es que para la evolución de la cooperación no es necesaria la capacidad de previsión.

La teoría de la evolución biológica está basada en la lucha por la vida y la supervivencia de los más aptos. Sin embargo, es corriente que exista cooperación entre individuos de la misma especie, e incluso entre individuos de especies diferentes. Hasta una fecha cercana a 1960, las descripciones del proceso evolutivo solían dejar de lado en gran medida los fenómenos de cooperación, no considerándolos merecedores de atención especial. Tal desprecio del fenómeno era consecuencia de una defectuosa lectura de la teoría, que asignaba casi toda la adaptación a procesos de selección a nivel de poblaciones o de especies completas. Como consecuencia de esta defectuosa interpretación, la cooperación era siempre tenida por adaptativa. Sin embargo, revisiones recientes del proceso evolutivo han demostrado que

no existe una base sólida para suponer que la selección se base en beneficios para grupos completos. Muy al contrario. Al nivel de especie o de población, los procesos de selección son débiles. El primitivo énfasis que la teoría de Darwin ponía en la adaptación a nivel individual es más válido [1].

La teoría de la evolución ha adquirido recientemente dos tipos de generalización, destinados a explicar la manifiesta existencia de cooperación, y las conductas grupales asociadas, como pueden ser el altruismo o la moderación en la competicion. Estas ampliaciones son, a grandes rasgos, las teorías de parentesco genético y la teoría de la reciprocidad. Casi toda la actividad reciente, tanto en trabajos de campo como en ulteriores desarrollos de la teoría, ha estado dedicada al parentesco. Aunque los enfoques formales han sido variables, la teoría del parentesco ha ido adquiriendo, de forma cada vez más acentuada, las perspectiva de la selección natural basada en las modificaciones genéticas (Dawkins 1976). En efecto, los genes parecen mirar más allá de su portador actual, perecedero, hacia el conjunto potencialmente inmortal de sus copias exactas existentes en otros individuos emparentados. Si los jugadores están emparentados suficientemente de cerca, el altruismo puede resultar beneficioso para la reproducción del conjunto, a pesar de las pérdidas que pueda sufrir el individuo altruista. De conformidad con las predicciones de la teoría, casi todos los casos claros de altruismo y casi toda la cooperación observada —dejando aparte su aparición en la especie humana— se producen en contextos de gran emparentamiento, por lo común entre miembros inmediatos de una misma familia. La evolución del aguijón barbado de la abeja obrera, cuyo uso es suicida, podría tomarse como paradigma de esta línea de argumentación teórica (Hamilton 1972) [2].

Se dan también conspicuos ejemplos de cooperación (aunque casi nunca de auto-inmolación definitiva) en situaciones donde no existe parentesco, o es muy bajo. Tenemos sorprendentes ejemplos de ellas en las simbiosis mutuamente ventajosas: los hongos y algas que com-

[1] Para saber más del énfasis individualista de la teoría de Darwin, véanse Williams (1966) y Hamilton (1975). El mejor de los casos recientes de selección eficaz a nivel grupal, y de altruismo fundado en la correlación genética de individuos no emparentados puede verse en D. S. Wilson (1979).

[2] Al respecto de la teoría de parentesco, véase Hamilton (1964). Sobre la teoría de reciprocidad, véase Trivers (1971), Chase (1980), Fagen (1980) y Boorman y Levitt (1980).

ponen un liquen; las hormigas y las acacias hormigueras, en cuyo caso los árboles alojan y sirven de alimento a las hormigas, las cuales, a su vez, protegen a los árboles (Janzen 1966); las avispas de la higuera y la propia higuera, en donde las avispas, que son parásitos de las flores de la higuera, sirven como método exclusivo de polinización e implantación de las semillas (Wiebes 1976; Janzen 1979). Ordinariamente, en tales simbiosis la cooperación se produce sin sobresaltos, pero a veces los simbiontes dan señales de antagonismo, ya espontáneo, o inducido por tratamientos particulares (Cullery 1952) [3]. Aunque la relación de parentesco puede ser compleja, como se verá más adelante, las simbiosis ilustran sobre todo la otra ampliación reciente de la teoría de la evolución, a saber, la teoría de la reciprocidad.

La cooperación propiamente dicha ha recibido comparativamente poca atención por parte de los biólogos, a pesar de los trabajos de Trivers, que inauguraron este area científica (1971); no obstante, ha sido desarrollada teóricamente una cuestión asociada, relativa al comedimiento en situaciones conflictivas. En conexión con ella, se ha planteado una noción nueva, la de estrategia evolutivamente estable (Maynard Smith y Parker 1976; Dawkins 1976; Parker 1978). La cooperación, en su sentido más habitual, ha permanecido oscurecida por ciertas dificultades, especialmente las concernientes a la puesta en marcha de la cooperación a partir de un estado asocial previo (Elster 1979) y su mantenimiento estable una vez creada. Va siendo cada vez más necesaria una teoría formal de la cooperación. En el renovado énfasis del individualismo, ha solido cargarse el acento en la facilidad con que se dan los fraudes. Tales fraudes hacen parecer más cuestionable la estabilidad de las simbiosis, incluso de las más mutuamente ventajosas, que lo era con la antigua teoría de que la adaptación se producía en beneficio de la especie. Al mismo tiempo, en otros casos que en tiempos parecieron firmemente asignados al dominio de la teoría del parentesco, se comienza ahora a ver que los jugadores no están lo suficientemente emparentados como para que sea de esperar mucho altruismo basado en el parentesco. Vale esto tanto para la crianza cooperativa característica de ciertas aves (Emlen 1978; Stacey 1979) como para actos cooperativos, más típicos, por lo general, de grupos de primates (Harcourt 1978; Parker 1978; Wrangham 1979). O bien los casos en que parece darse la cooperación son engañosos

[3] Caullery (1952) da ejemplos de antagonismo en simbiosis orquídea-hongo y en líquenes. Para el ejemplo de las simbiosis avispa-hormiga, véase Hamilton (1972)

—existen casos donde se da en parte altruismo por parentesco y en parte se defrauda— o bien la mayor parte de la conducta puede ser atribuida a la reciprocidad estable. Sin embargo, las descripciones anteriores, que ya invocan la reciprocidad, no cargan lo suficiente el acento en lo restrictivo de sus condiciones. (Ligon y Ligon 1978).

La contribución de este capítulo a la biología es novedosa de tres maneras:

1. En un contexto biológico, el modelo presenta la novedad de tratar probabilísticamente la posibilidad de que dos individuos puedan volver a interactuar. Ello permite arrojar luz sobre ciertos procesos biológicos específicos, como el envejecimiento y la territorialidad.
2. El análisis de la evolución de la cooperación no sólo considera la estabilidad final de una estrategia dada, sino también la viabilidad inicial de una estrategia en un ambiente dominado por individuos no cooperantes, así como la robustez de una estrategia en un ambiente diversificado compuesto por otros individuos que aplican una variedad de estrategias más o menos refinadas. Tal planteamiento permite una comprensión más rica de la plena cronología de la evolución de la cooperación de lo que hasta ahora ha sido posible.
3. Entre las aplicaciones se cuenta la interacción conductual a nivel microbiano, de la cual se deducen ciertas sugerencias especulativas capaces de explicar la existencia de fases agudas y crónicas en muchas enfermedades, y de ciertas clases de defectos genéticos, entre los que se cuenta, por ejemplo, el síndrome de Down.

Los grupos cooperantes tienen a su disposición, en proporción desmesurada, muchos de los beneficios que buscan los seres vivos. Mientras que hay considerables diferencias en lo tocante al significado de los términos «beneficios» y «buscan», este enunciado, en la medida en que sea cierto, establece una base fundamental para toda la vida social. El problema es que mientras los individuos pueden beneficiarse de la mutua cooperación, cada uno queda mejor remunerado explotando los esfuerzos cooperativos de otros. A lo largo de un determinado período de tiempo, los mismos individuos pueden volver a interactuar, dando ocasión a complejas pautas de interacciones estratégicas. Como han demostrado capítulos anteriores, el Dilema del Prisionero permite una formalización de las posibilidades estratégicas inherentes a tal situación [4].

Aparte de ser la solución en teoría de juegos, la defección es también la solución dada por la evolución biológica cuando los encuen-

[4] Además del Dilema del Prisionero, hay otras muchas pautas de interacción que originan ganancias por mutua cooperación. Véase, por ejemplo, el modelo de combate entre miembros de la misma especie, en Maynard Smith y Price (1973)

tros se producen una sola vez [5]. La defección es el resultado producido por tendencias evolutivas inevitables a través de la mutación y la selección natural: si los pagos se expresan en términos de adaptación al medio, y las interacciones entre los pares de individuos son aleatorias y no repetidas, cualquier población que contenga una mezcla de estrategias heredables evoluciona hacia un estado en el cual ningun individuo coopera. Además, no hay ninguna estrategia mutante individual, distinta, que pueda lograr mejores resultados que las demás cuando toda la población está utilizando esta estrategia. Si los jugadores nunca van a encontrarse otra vez, la estrategia de la defección es la única estrategia estable.

En muchas situaciones biológicas un mismo par de individuos puede encontrarse más de una vez. Si un individuo puede reconocer a los individuos con quienes ha interactuado ya, y recordar algunos aspectos de los resultados anteriores, la situación, desde el punto de vista estratégico se convierte en un Dilema del Prisionero iterativo, y dispone de un conjunto de posibilidades mucho más rico. Las estrategias podrían tener en cuenta el historial de la interacción hasta el momento para determinar la conveniencia de cooperar o no en la jugada en curso. Pero, como ya se explicó anteriormente, si el número de interacciones entre cada par de individuos *es conocido* de antemano, la estrategia de defección sistemática sigue siendo evolutivamente estable, y es, además, la única con esta propiedad. La razón es que en la última jugada, lo óptimo para ambos bandos es la defección, y por consiguiente, también lo sería la defección en la penúltima interacción, y así, retrógradamente, hasta la primera interacción.

El modelo desarrollado en el Capítulo 1 se basa en la hipótesis, más verosímil, de que el número de interacciones no está fijado de antemano. En lugar de ello, hay una cierta probabilidad, W, de que tras la interacción en curso, los dos mismos individuos vuelvan a encontrarse otra vez [6]. Entre los factores biológicos que afectan a la magnitud de esta probabilidad de volver a encontrarse se cuentan la esperanza de vida media, la movilidad relativa y la salud de los individuos. Para todo valor de W la estrategia SIEMPRE D, de defección

[5] Para más información sobre la defección en la evolución, véase Hamilton (1971). Fagen (1980) muestra algunas condiciones para encuentros aislados, en los cuales la solución no es la defección.

[6] El parámetro W puede también tomar en consideración la tasa de actualización entre interacciones, como se explicó en el capítulo 1.

incondicional, siempre es estable; si todo el mundo está utilizando esta estrategia, no existe ninguna estrategia mutante que pueda tener éxito en invadir a la población.

Enunciado formalmente, se dice que una estrategia es evolutivamente estable si es imposible que una población de individuos que apliquen esta estrategia sea invadida por un mutante que adopte una estrategia diferente [7]. Puede haber muchas estrategias evolutivamente estables. En efecto, ya en el primer capítulo, la Proposición 1 mostraba que cuando W es lo suficientemente grande, no existe una única estrategia óptima que sea independiente de la conducta de los restantes individuos de la población. Ahora bien, la inexistencia de una estrategia óptima universal no implica la futilidad del análisis. Por el contrario, los Capítulos 2 y 3 mostraron que es posible analizar no solamente la estabilidad de una estrategia dada, sino también su robustez y viabilidad inicial.

La teoría de juegos abarca una porción sorprendentemente amplia de la realidad biológica. Para empezar, no es preciso que los organismos tengan cerebro para que utilicen estrategias. Las bacterias, por ejemplo, tienen capacidad de participar en juegos ya que: (1) son sumamente sensibles a ciertos aspectos específicos de su ambiente, y particularmente, a su entorno químico; (2) esto implica que las bacterias pueden dar respuestas diferenciales a lo que esten haciendo en torno a ellas otros organismos; (3) estas estrategias de comportamiento condicionado pueden, evidentemente, ser heredables; y (4) la conducta de las bacterias puede afectar a la adaptación o al estado físico de los restantes organismos que convivan con ellas, exactamente lo mismo que la conducta de otros organismos puede afectar al estado físico de las bacterias, o a su adaptación ambiental. Pruebas recientes muestran que incluso un virus puede valerse de estrategias condicionales (Ptashne, Johnson y Pabo 1982).

Aunque las estrategias bacterianas pueden fácilmente comportar sensibilidades diferenciales a cambios recientes en el ambiente, o a promedios acumulados a lo largo del tiempo, en otros aspectos su repertorio de respuestas es limitado. Las bacterias no pueden «recordar» ni «interpretar» una sucesión compleja de cambios en el pasado,

[7] Esta definición de estrategia evolutivamente estable (EEE) se debe a Maynard Smith y Price (1973). Al respecto de la noción de estrategia colectivamente estable, íntimamente relacionada con ésta, véase el capítulo 3, y especialmente, la primera nota.

y probablemente sean incapaces de discriminar entre los distintos orígenes de cambios adversos o benéficos. Por ejemplo, algunas bacterias producen sus propios antibióticos, llamados bactericinas, que son inofensivos para las bacterias de la cepa que las produce, pero destructivos para muchas otras. Podría suceder fácilmente que una determinada bacteria fuera capaz de regular la producción de su propia bactericina en función de la percepción de la presencia de productos hostiles análogos en el ambiente, sin que pudiera dirigir la toxina producida hacia el causante.

Conforme se va ascendiendo por la escala de la evolución, y va aumentando la complejidad del sistema nervioso, nos vamos encontrando con mayor riqueza de comportamientos interpretables como «juegos». La inteligencia de los primates, incluidos los humanos, da pie a cierto número de importantes mejoras: memoria más compleja, un procesamiento de información más complejo que permite determinar mejor cuál habrá de ser la acción inmediata en función de como haya sido la interacción hasta el momento, una estimación más atinada de las probabilidades de interacción con el mismo individuo y una superior capacidad para distinguir entre individuos diferentes. La capacidad para discriminar a unos de otros seguramente se cuente entre las facultades más importantes, pues permite resolver las interacciones con muchos individuos sin tener que tratarlos a todos por igual, haciendo posible recompensar la colaboración de unos individuos y el castigo, o la defección, de otros.

El modelo propuesto por el Dilema del Prisionero iterativo es mucho menos restrictivo de lo que pudiera parecer en un principio. No solamente es aplicable a las interacciones entre dos bacterias o entre dos primates, sino también, pongamos por caso, a las interacciones entre una colonia de bacterias y un primate que les sirve de hospedador. No se hace la hipótesis de que los pagos de uno y otro lados son comparables. Los resultados del análisis serán aplicables con tal de que los pagos recibidos por cada bando satisfagan las desigualdades que definen al Dilema del Prisionero, dadas en el Capítulo 1.

El modelo sí presupone que las decisiones de los jugadores se efectúan simultánaemente, y a intervalos de tiempo discretos. Para casi todos los fines del análisis, ello equivale a una interacción continua a lo largo del tiempo, para lo que basta tomar el intervalo entre jugadas como el tiempo mínimo que separa el cambio de conducta de uno de los bandos y la respuesta del otro. Y aunque el modelo trata

las decisiones como si fueran simultáneas, apenas habría diferencia si las considerase secuenciales [8].

Volviendo al desarrollo de la teoría, la evolución de la cooperación puede ser conceptualizada mediante tres nociones distintas:

1. *Robustez.* ¿Qué tipo de estrategias puede prosperar en un ambiente diversificado, compuesto por una amplia variedad de estrategias más o menos refinadas?
2. *Estabilidad.* ¿En qué condiciones puede una tal estrategia, una vez plenamente establecida, resistir la invasión de estrategias mutantes?
3. *Viabilidad inicial.* Incluso aunque una estrategia sea robusta y estable, ¿cómo puede llegar a encontrar asidero en un ambiente predominantemente no cooperativo?

El campeonato computarizado, descrito en el Capítulo 2, demostró que la estrategia TOMA Y DACA, basada en la reciprocidad, es extremadamente robusta. Esta sencilla èstrategia ganó en ambas rondas del torneo, así como en cinco de las seis principales variantes de la segunda. Un análisis ecológico mostró que conforme iban quedando desplazadas las reglas de menor éxito, TOMA Y DACA continuaba prosperando con las reglas que inicialmente prosperaron. Así pues, la cooperación basada en la reciprocidad puede prosperar en un ambiente diversificado.

Una vez que una estrategia ha sido adoptada por la totalidad de una población, la cuestión de la estabilidad evolutiva se ocupa de su capacidad para resistir la invasión de estrategias mutantes. Los resultados matemáticos del Capítulo 3 pusieron de manifiesto que TOMA Y DACA es, en efecto, evolutivamente estable si, y solamente si, las interacciones entre los individuos tienen probabilidad suficientemente grande de proseguir.

No es TOMA Y DACA la única estrategia que puede ser evolutivamente estable. En efecto, SIEMPRE D es evolutivamente estable, sea

[8] Tanto si las opciones de uno y otro jugador son simultáneas, como si son consecutivas, la cooperación fundada en el principio de «toma y daca» es evolutivamente estable si W es lo suficiente grande. En el caso de que los jugadores actúen por turnos, supongamos que haya una probabilidad fija, q, de que un determinado jugador del par sea el próximo en necesitar ayuda. Puede demostrarse que el valor crítico de W es el mínimo de los valores $A/q(A + B)$ correspondientes a ambos bandos, siendo A el costo de la prestación de ayuda, y B el beneficio que la ayuda reporta al ser recibida. Pueden verse ejemplos de esta naturaleza en Thompson (1980).

cual fuere la probabilidad de que continúe la interacción. Lo cual plantea el problema de cómo pudo haberse iniciado una tendencia evolutiva hacia la conducta cooperativa.

La teoría de parentesco genético sugiere una posible vía de salida del equilibrio de SIEMPRE D. El íntimo parentesco de los jugadores da ocasión al verdadero altruismo, es decir, el sacrificio del bienestar de un individuo en beneficio de otro. El verdadero altruismo puede evolucionar cuando las condiciones de costo, beneficio y parentesco generan ganancias netas para los genes causantes del altruismo, residentes en los individuos emparentados (Fisher, 1930; Haldane, 1955; Hamilton, 1963). En un Dilema del Prisionero simple, el cooperar es una especie de altruismo (el individuo está dejando de lado actitudes que pudo haber tomado); así pues, si los jugadores están suficientemente relacionados, pueden evolucionar conductas de este tipo (Hamilton, 1971; Wade y Breden, 1980). En efecto, es posible reajustar los pagos de modo que un individuo tenga un interés parcial en la ganancia de su socio (se trata, pues, de recalcular los pagos para tener en cuenta lo que se conoce por adaptación inclusiva). En este nuevo cálculo es muchas veces posible eliminar las desigualdades $T>R$ y $P>I$, en cuyo caso las cooperación queda incondicionalmente favorecida. Así pues, es posible imaginar que los beneficios de la cooperación en situaciones similares a la del Dilema del Prisionero puedan comenzar a ser cosechados por grupos de individuos íntimamente emparentados. Evidentemente, en lo que concierne a interacciones por parejas, el caso de padre e hijos o de hermanos de camada es especialmente prometedor, y en efecto, en parejas de este tipo se conocen muchos ejemplos de cooperación, o de moderación de las tendencias egoístas de los partícipes.

En cuanto existan los genes inductores de la cooperación, la selección se encargará de promocionar las estrategias que basan su conducta cooperativa en indicaciones de su entorno (Trivers, 1971). Fenómenos tales como la paternidad promiscua (R. D. Alexander, 1974) o las interacciones entre los individuos marginales en grupos imprecisamente definidos llevarán casi siempre a un incierto emparentamiento entre jugadores potenciales. El reconocimiento de cualesquiera correlatos de un parentesco más acentuado, y la utilización de tales indicaciones para determinar la conducta cooperativa permitirá siempre perfeccionar la adaptación inclusiva. Una vez tomada la decisión de cooperar, una de las claves reveladoras del parentesco consiste, sencillamente, en el hecho de que la cooperación sea devuelta.

Así pues, los elementos modificadores de las conductas más egoístas tras una respuesta negativa por parte del otro son ventajosos aunque el grado de parentesco sea bajo o dudoso. En sí misma, la capacidad de condicionar la propia conducta al comportamiento de otro es un carácter adquirido, pudiendo comenzar a diseminarse la cooperación en circunstancias de parentesco cada vez menor. Finalmente, cuando la probabilidad de que dos individuos vuelvan a encontrarse es suficientemente grande, podrá prosperar la cooperación basada en la reciprocidad, y hacerse evolutivamente estable en poblaciones desprovistas de todo parentesco.

Ha sido descubierto un caso de cooperación que encaja en este análisis, (al menos a primera vista), en las relaciones de freza de un róbalo marino (Fisher, 1980; Leigh, 1977). Estos peces tienen cada uno los órganos sexuales de macho y de hembra. Forman parejas, pudiendo decirse a grandes rasgos que en ella asumen por turno el papel de socio de inversión máxima (puesta de huevos) y de socio de inversión mínima (suministro de esperma para fecundación de los huevos). Se producen diariamente hasta diez deposiciones de huevos, si bien en cada puesta solamente se depositan unos pocos. Las parejas tienden a romperse si la división de roles sexuales no es equitativa. El sistema parece conseguir la evolución de una gran economía en los tamaños de los testes, aunque Fisher (1980) ha sugerido que el estado de los testes puede haber evolucionado cuando la especie era mucho más rara y se encontraba mucho más dispersa, y más inclinada a la endogamia. Esta implicaría el emparentamiento de las parejas, lo cual podría haber promovido inicialmente la cooperación sin necesidad de un emparentamiento más fuerte.

En el Capítulo 3 fue expuesto otro mecanismo capaz de poner en marcha la cooperación cuando virtualmente todos están utilizando SIEMPRE D. Se trata del apiñamiento. Supongamos que un pequeño grupo de individuos esté utilizando una estrategia como TOMA Y DACA, y que una cierta proporción R de las interacciones de éstos se produzcan con otros individuos del mismo grupo apiñado. Si la proporción de individuos apiñados corresponde a una proporción despreciable del total de interacciones de los otros individuos, la puntuación lograda por los SIEMPRE D seguirá siendo en cada jugada prácticamente igual al castigo P. Entonces, como se demostró en el Capítulo 3, si P y W son lo suficientemente grandes, un grupo de individuos TOMA Y DACA puede llegar a ser inicialmente viable en un ambiente abrumadoramente compuesto por SIEMPRE D.

Es frecuente que el agrupamiento venga asociado con el parentesco, y ambos mecanismos pueden reforzarse recíprocamente para promover la viabilidad inicial de la cooperación recíproca. No obstante, el apiñamiento no tiene necesidad ineludible del parentesco para ser eficaz.

Incluso sin parentesco, la estrategia TOMA Y DACA es capaz de invadir a SIEMPRE D si se presenta apiñada, a pesar incluso de que SIEMPRE D es evolutivamente estable. Así sucede porque un apiñamiento de TOMA Y DACA confiere a cada uno de sus miembros una probabilidad no trivial de encontrarse con otro individuo que devuelva la cooperación. Mientras que ello sugiere un mecanismo para el despertar de la cooperación, plantea igualmente la cuestión de si podría ocurrir a la inversa una vez que la estrategia TOMA Y DACA logra establecerse por sí sola. En realidad, la Proposición 7 del Capítulo 3 demuestra que se produce aquí una curiosa asimetría. Los engranajes de la evolución tienen, por así decirlo, un retén de enclavamiento.

El desarrollo cronológico que este análisis hace aflorar es el siguiente. El estado primigenio es SIEMPRE D, una situación evolutivamente estable. Ahora bien, la cooperación basada en la reciprocidad puede encontrar asidero merced a dos mecanismos diferentes. Primero, dos estrategias mutantes pueden estar emparentadas, dando así a los genes de cada mutante algo que ganar con la prosperidad del otro, lo que consiguientemente modifica los pagos de la interacción cuando se la examina desde el punto de vista del gen, y no del individuo. Un segundo mecanismo capaz de superar la defección total se produce si las estrategias mutantes llegan apiñadas, de modo que engendren una proporción no trivial de las interacciones que cada una efectúa, a pesar incluso de que sean tan pocas que constituyan una porción despreciable de las interacciones que tienen los individuos SIEMPRE D. En tal caso, el método de los torneos, descrito en el Capítulo 2, demuestra que una vez presente una multitud de estrategias, la de TOMA Y DACA es extraordinariamente robusta. Se defiende con éxito en una amplia diversidad de circunstancias, y en una simulación ecológica que contiene una gran diversidad de reglas de decisión más o menos refinadas va gradualmente desplazando a las otras estrategias. Y cuando la probabilidad de que prosiga la interacción entre dos individuos es lo suficientemente grande, la propia TOMA Y DACA es evolutivamente estable. Además, su estabilidad es particularmente segura, ya que es capaz de resistir la intrusión de apiñamientos completos de estrategias mutantes. Así pues, la cooperación basada en la

reciprocidad puede iniciarse en un mundo predominantemente no cooperativo, puede prosperar en un medio ambiental muy diversificado, y puede velar por sí misma, una vez plenamente establecida.

De este planteamiento se deducen multitud de aplicaciones biológicas específicas, consecuencia de dos de los requisitos para que evolucione la cooperación. La idea esencial es que no debe poder ocurrir que un individuo pueda no cooperar impunemente, por carecer el otro de capacidad de represalia eficaz. La capacidad de respuesta exige que el individuo que defrauda no quede perdido en un mar de otros individuos anónimos. Los organismos superiores evitan tal problema por tener muy desarrollada la capacidad para reconocer a muchos individuos distintos de su misma especie; los organismos inferiores han de fiarse de mecanismos que limitan seriamente el número de individuos o colonias diferentes con las cuales pueden interactuar eficazmente. El otro requisito fundamental para que la represalia sea eficaz es que la probabilidad, *W*, de que los dos mismos individuos vuelvan a encontrarse ha de ser suficientemente grande.

Cuando un organismo no es capaz de reconocer a un individuo con el cual ha tenido ya una interacción, un mecanismo sustitutorio consiste en asegurarse de que la totalidad de las interacciones se produzcan con el mismo jugador. Una forma de lograrlo es mantener con él un contacto permanente. Tal es el método utilizado en casi todas las formas de mutualismo, que son situaciones mutuamente beneficiosas de íntima asociación entre miembros de especies diferentes. Entre los ejemplos tenemos un cangrejo ermitaño y su socia, una anémona marina; una cícada y la multitud de micro-organismos alojados en su cuerpo; o los árboles y los hongos de las micorrizas.

Otro mecanismo que evita la necesidad de que los jugadores se reconozcan consiste en garantizar la unicidad del emparejamiento de los jugadores efectuando el encuentro exclusivamente en un lugar fijo. Fijémonos, por ejemplo, en los mutualismos de limpieza, en los cuales un pequeño crustáceo o pez elimina y devora los parásitos del cuerpo (e incluso del interior de la boca misma) de un pez mucho mayor, que es potencialmente depredador suyo. Estos mutualismos acuáticos de limpieza se dan en lugares costeros y en arrecifes, donde los animales residen en zonas fijas, o «territorios» (Trivers 1971.) En cambio, parecen ser desconocidos en las situaciones de libre mezcolanza del mar abierto.

Hay otros mutualismos característicos de las situaciones donde es probable que se dé una solución prolongada; de ordinario compor-

tan el apareamiento casi permanente de los individuos, de estirpes endogámicas o asexuales, o de individuos con tal dotación genética (Hamilton 1972 y 1978). Recíprocamente, en condiciones de libre mezcolanza, o de apareamiento transitorio, en las cuales el reconocimiento es imposible, es mucho más probable que engendren situaciones de explotación, como el parasitismo, la enfermedad y similares. Así, mientras que las colonias de hormigas participan en muchas simbiosis, y muchas veces dependen fuertemente de ellas, las colonias de abejas, cuyo lugar de residencia es mucho menos permanente, carecen de simbiontes conocidos; sí tienen, en cambio, muchos parásitos (E. O. Wilson 1971; Treisman 1980.) Un pequeño animal de agua dulce, llamado *Chlorohydra viridissima,* mantiene una cooperación permanente y estable con las algas verdes, a las que siempre encontramos de modo natural en sus tejidos, y que resultan muy difíciles de eliminar. En esta especie, la algas son transmitidas a las nuevas generaciones a través del huevo. También *Hydra vulgaris* y *H. attentuata* se asocian con algas, pero no tienen transmisión por huevo. En estas especies se explica que la «infección está precedida por el debilitamiento de los animales, y está acompañada de síntomas patológicos, indicativos de un claro parasitismo por parte de la planta» (Yonge 1934, p 13) [9]. Lo mismo que antes, vemos que la transitoriedad de la asociación tiende a desestabilizar la simbiosis.

En especies con capacidad limitada para discriminar entre otros miembros de la misma especie, la cooperación recíproca puede hacerse estable con la ayuda de un mecanismo que reduce la cantidad de discriminación necesaria. La territorialidad puede servir a tal propósito. La frase «territorios estables» significa que hay dos tipos totalmente diferentes de interacción: con quienes ocupan territorios vecinos, con los cuales la probabilidad de interacción es elevada, y con extraños, con los cuales la probabilidad de interacción futura es reducida. En el caso de los pájaros machos territoriales, los vecinos se reconocen unos a otros mediante cánticos. En concordancia con la teoría, esto pájaros machos territoriales muestran conductas mucho más agresivas cuando se reproduce en su cercanías la canción de un macho desconocido que cuando lo es la de uno de sus vecinos. (E. O. Wilson 1975, p 273).

La cooperación recíproca puede ser estable con una gama más am-

[9] Yonge (1934) da otros ejemplos de interación de invertebrados con algas unicelulares.

plia de individuos si la discriminación es capaz de distinguir una variedad de otros individuos con menor dependencia de indicaciones complementarias, como puede ser la ubicación del encuentro. Tal capacidad está bien desarrollada en los humanos, y se basa fundamentalmente en el reconocimiento de rostros. Una enfermedad del cerebro, llamada *prosopagnosia*, nos revela el grado de especialización que ha adquirido esta función. A una persona normal le bastan los rasgos faciales para identificar a otra, a pesar incluso de que las facciones hayan cambiado bastante con los años. La personas con *prosopagnosia* son incapaces de tal asociación; aparte de eso, apenas si presentan otros síntomas que pérdida de parte del campo visual. Las lesiones cerebrales de la enfermedad se producen en una región identificable del cerebro: desde la porción inferior de ambos lóbulos occipitales, extendiéndose hacia adelante, hasta la superficie interior de los lóbulos temporales. Tan localizada causa, y tan específico efecto, indican que el reconocimiento de rostros individuales ha sido una tarea de relevancia suficiente como para consagrarle una porción importante de los recursos cerebrales. (Geschwind 1979).

Exactamente lo mismo que la facultad de reconocer al otro jugador no tiene precio para extender el abanico de cooperación estable, la facultad de supervisar las señales denotativas de probabilidad de interacción continuada ayudan a conocer si la cooperación recíproca es estable o no lo es. En particular, cuando la importancia relativa de las interacciones futuras, W, cae por debajo del umbral de estabilidad, dejará de ser rentable devolver la cooperación del otro [10]. Un signo detectable de valor declinante de W sería la enfermedad de uno de los socios, lo que hace la cooperación menos viable. Sería de esperar que en tal caso los dos animales de una asociación se mostraran menos cooperantes. A este respecto, el envejecimiento de uno de los socios se asemejaría mucho a la enfermedad, lo que podría tener por consecuencia un incentivo para defraudar lo bastante grande como para tomar las ganancias de una única jugada final, cuando la probabilidad de una futura interacción llega a hacerse suficientemente pequeña.

Podría ser que estos mecanismos operasen incluso a nivel microbiano. Cualquier simbionte que tiene todavía una oportunidad de propagarse a otros hospedadores, mediante algún proceso de infec-

[10] Como se especificó en la proposición 2 del capítulo 3, el umbral de la estabilidad de TOMA Y DACA es el máximo de $(T - R)/(T - P)$ y de $(T - R)/(R - I)$.

ción, probablemente cambiaría de mutualismo a parasitismo cuando disminuyera la probabilidad de interacción continuada con el hospedador primitivo. En la fase más acentuadamente parasitaria pudiera explotar más gravemente al hospedador, produciendo el parásito una mayor proporción de las formas capaces de dispersarse e infectar. Sería de esperar que se diese esta fase cuando el hospedador está gravemente herido, ha contraído alguna otra infección totalmente parasitaria que amenaza causarle la muerte, o cuando manifieste síntomas de senilidad. En efecto, puede verse que bacterias normales, y al parecer inofensivas en el tracto intestinal, contribuyen a la infección séptica del cuerpo cuando la pared intestinal es perforada, pues ello presupone una herida grave (Savage 1977). Y residentes habituales de la piel humana, como *Candida albicans*, pueden hacerse invasivas y peligrosas en personas enfermas o ancianas.

No es imposible del todo que este razonamiento tenga relación con las causas del cáncer, en la medida en que éste se deba a virus potencialmente latentes en el genoma (Manning 1975; Orlove 1977). Los cánceres tienden a manifestarse cuando las probabilidades de transmisión de una generación a otra están declinando rápidamente (Hamilton 1966). Un virus causante de tumores, como el del linfoma de Burkitt, puede tener alternativas de producción rápida o lenta de etapas infecciosas. La forma lenta se presenta en forma de mononucleosis crónica; la rápida, de mononucleosis o de linfoma (Henle, Henle y Lenette 1979). La tesis de interés es que, tal como muestran algunas pruebas, el linfoma puede ser desencadenado cuando el paciente contrae la malaria. El linfoma crece a extraordinaria velocidad, y tal vez pueda de este modo competir con la malaria en la lucha por ser transmitido (posiblemente, por mosquitos) antes de que se produzca la muerte. Al examinar otros casos de invasión simultánea por dos o más especies de patógenos, o por dos cepas de una misma especie, la teoría presente podría tener una importancia de carácter más general con respecto a si una enfermedad va a seguir una evolución lenta, conjuntamente óptima (enfermedad «crónica» para el anfitrión) o una explotación grave y rápida («aguda» para el anfitrión). Si la infección fuera simple, sería de esperar el curso lento. En los casos de infección doble, podría comenzar inmediatamente una explotación «salvaje», o bien manifestarse posteriormente, alcanzado un estadio de envejecimiento adecuado [11].

[11] Veáse también Eshel (1977) para una posible consecuencia, referente a casos de

Podría también aplicarse —con carácter de tentativa— el Dilema del Prisionero iterativo al incremento que se produce de ciertos tipos de defectos genéticos al aumentar la edad de la madre (Stern 1973). Estos defectos genéticos son responsables de diversas minusvalías en la descendencia; la más familiar es el síndrome de Downing (causado por un cromosoma 21 supernumerario). La causa casi exclusiva del síndrome de Downing es un fallo en la separación de los cromosomas emparejados de la madre, y ello sugiere una posible conexión con la teoría. Durante la formación del huevo (pero no del esperma) las divisiones celulares son característicamente asimétricas, siendo rechazados (formando el llamado cuerpo polar) los cromosomas que van al polo desafortunado de la célula. Parece posible que, mientras que los cromosomas homólogos por lo general permanecen y ganan cooperando regularmente en un organismo diploide, la situación sea la de un Dilema del Prisionero: un cromosoma capaz de ser el «primero en no cooperar» puede lograr colarse en el núcleo del óvulo y no en el cuerpo polar. Se podría formular la hipótesis de que tal acción desencadena tentativas similares por parte del cromosoma homólogo en las divisiones subsiguientes, y que cuando los dos miembros del par lo intentan a la vez, el resultado ocasional pudiera ser un cromosoma adicional en la descendencia. La adaptación de los portadores de cromosomas adicionales acostumbra de ordinario a ser sumamente baja, pero un cromosoma que se deja enviar al cuerpo polar no aporta nada a la capacidad adaptativa. Así pues, P es mayor que I. Para que el modelo funcione, un incidente de «defección» en un óvulo en desarrollo tendría que ser perceptible por los que todavía se encuentran a el espera. Que tal acción desencadenante llegue a producirse es mera especulación, como lo es la factibilidad de una conducta de autopromoción en los cromosomas durante una tal división celular. Pero los efectos no parecen ser inconcebibles. Después de todo, una bacteria, dotada de un único cromosoma, puede llevar a cabo complejas acciones condicionales. Dados tales efectos, el modelo explicaría la incidencia mucho mayor del aumento de cromosomas anormales en los óvulos al aumentar la edad de la madre, sin que se produzca el correspondiente incremento en la esperma al aumentar la edad.

En este capítulo hemos formalizado mediante la teoría de juegos

---

infección multiclonal. Para pruebas recientes sobre la capacidad de un virus para utilizar estrategias condicionales, véase Ptashne, Johnson y Pabo (1982).

el énfasis que Darwin puso en la ventaja del individuo. Esta formulación establece condiciones bajo las cuales puede evolucionar en los sistemas biológicos la cooperación basada en la reciprocidad, incluso aunque los participantes carezcan de capacidad de previsión.

Cuarta parte

CONSEJOS A PARTICIPANTES Y A INFORMADORES

Capítulo VI
COMO ELEGIR EFICAZMENTE

Aunque no sea imprescindible la capacidad de previsión para que la cooperación evolucione, desde luego sí es una gran ayuda. Así pues, este capítulo y el siguiente están consagrados, respectivamente, a asesorar a participantes y reformadores.

Este capítulo les ofrece asesoramiento a quienes se encuentren en la situación del Dilema de Prisionero. Desde el punto de vista individual, lo que se persigue es puntuar lo más posible a lo largo de una serie de interacciones con otro jugador, que también se está esforzando en puntuar bien. Dado que el juego es un Dilema del Prisionero, el jugador tiene incentivos para no cooperar a corto plazo; sin embargo, a la larga puede lograr mejores resultados si logra establecer con el otro una norma de cooperación mutua. El análisis del torneo computarizado y los resultados de la investigación teórica proporcionan algunas informaciones útiles al respecto de cuáles son las estrategias que es probable que funcionen en diferentes condiciones, y por qué. Este capítulo tiene el propósito de traducir estos hallazgos en asesoramiento para el jugador.

Tal asesoramiento toma la forma de cuatro sugerencias sencillas, encaminadas a mostrar cómo desenvolverse con éxito en un Dilema del Prisionero de suficiente duración:

1. No ser envidioso
2. No ser el primero en no cooperar.
3. Devolver tanto la cooperación como la defección.
4. No ser demasiado listo.

1. No ser envidioso

Las personas estamos habituadas a pensar en interacciones de suma cero. En tales situaciones, las ganancias de uno son las pérdidas de otro. Un campeonato de ajedrez nos ofrece un buen ejemplo. Para prosperar, cada participante debe lograr más que el otro jugador la mayor parte del tiempo. Una victoria de las blancas es necesariamente una derrota de las negras.

Pero en la vida, las interacciones casi *nunca* son de suma cero. De ordinario ambos bandos pueden lograr buenos resultados, o ambos tenerlos malos. La cooperación mutua es muchas veces posible, pero no siempre se alcanza. Tal es la razón de que el Dilema del Prisionero constituya un modelo tan útil para una amplia diversidad de situaciones cotidianas.

Con frecuencia, en mis clases, hago que los alumnos jueguen por pares al Dilema del Prisionero durante varias docenas de jugadas. Les explico claramente que el objetivo del juego es lograr una buena puntuación para sí mismos, como si fueran a recibir un dólar por punto. Les digo también que no debería importarles si puntúan un poco mejor o un poco peor que el otro jugador, en tanto puedan conseguir para sí tantos «dólares» como les sea posible.

Las instrucciones anteriores, pura y simplemente, no valen de nada. Los estudiantes buscan un elemento de referencia para saber si lo están haciendo bien o mal. El elemento de referencia más fácilmente disponible es la comparación de su puntuación con la puntuación del otro jugador. Antes o después, uno de los estudiantes deja de cooperar, para ver si puede adelantarse al otro, o por lo menos, para ver lo que ocurre. Entonces, de ordinario, el otro hace lo mismo, no queriendo quedarse atrás. Lo más probable es que a continuación la situación se deteriore, comenzando una secuencia de mutuas recriminaciones. Pronto se dan cuenta los jugadores de que no están logrando tanto como les sería posible, y uno de ellos trata de restaurar la cooperación mutua. El otro, de todos modos, no puede estar seguro de que no se trate de una añagaza para explotarle nuevamente tan pronto se reanude la cooperación.

La gente tiende a recurrir a los elementos de comparación de que dispone, y la referencia suele casi siempre ser el éxito del otro jugador con relación al éxito propio [1]. Este proceder suscita envidias; y la envidia, tentativas de eliminar cualesquiera ventajas que haya adquirido el otro jugador. Con el tipo de Dilema del Prisionero que nos ocupa, la única forma de tratar de eliminar la ventaja del otro es no cooperar. Pero la defección conduce a más defección, y al castigo mutuo. Por consiguiente, la envidia es autodestructiva.

Plantearnos en qué medida lo estamos haciendo bien, en comparación con el otro jugador, no nos proporcionará buenas indicaciones, a menos que estemos esforzándonos en destruir al otro jugador. En la mayor parte de las situaciones, tal objetivo es imposible de conseguir, o aunque lo sea, es muy posible que conduzca a conflictos tan costosos que resulte sumamente peligroso pretenderlo. Cuando no se está tratando de destruir al otro jugador, la comparación del tanteo propio con el del otro jugador implica, sencillamente, correr el riesgo de que se desarrollen envidias autodestructivas. Un elemento de referencia mucho mejor consiste en observar lo que estamos logrando en comparación con lo que podría lograr otro que se pusiera en nuestro lugar. Dada la estrategia del otro jugador, ¿estamos logrando lo máximo posible? Puesto en nuestra situación, ¿podría otro lograr más que nosotros con este mismo jugador? Este es el criterio adecuado para medir si nuestra actuación tiene éxito [2].

---

[1] Behr (1981) se vale de esta norma para recalcular las puntuaciones de la primera ronda del Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero y señala que en ciertos contextos, los jugadores buscan maximizar su ganancia relativa, y no la absoluta. Sin embargo, con esa interpretación, el juego deja de ser un Dilema del Prisionero, pasando en cambio a ser un juego de suma cero, en el cual SIEMPRE D es la única estrategia dominante, cualquiera que sea el valor de *W*.

[2] Estos dos criterios de comparación de los jugadores pueden ser expresados formalmente, utilizando la expresión $V(A \mid B)$ para representar el valor esperado de la estrategia A al interactuar con la estrategia B. El error que más frecuentemente se comete es el de comparar $V(A \mid B)$ con $V(B \mid A)$, y tratar después de asegurarse de estar haciéndolo mejor que el otro jugador. El verdadero objetivo del juego, y así queda reflejado en la estructura del torneo, consiste en alcanzar la máxima puntuación posible acumulada sobre la totalidad de todas nuestras diferentes interacciones. Ello equivale a hacer máximo el promedio de $V(A \mid B)$ sobre el conjunto de todas las B con las que hayamos de encontrarnos. Cuando nos encontremos con un jugador que utilice una estrategia B determinada, un buen patrón de comparación consiste en estudiar si estamos logrando tanto como sería posible, sabiendo que el otro jugador está utilizando la estrategia B. Lo que deberíamos comparar con el rendimiento de nuestra estra-

Si la estrategia TOMA Y DACA logró vencer en los campeonatos fue porque logro buenos resultados en sus interacciones con una amplia variedad de estrategias. Por término medio, TOMA Y DACA logró más que cualquier otra regla en sus interacciones con las demás estrategias presentes en el torneo. ¡Y sin embargo, TOMA Y DACA nunca puntuó más que el otro jugador, ni en una sola partida! En realidad, era imposible que lo hiciese. Esta estrategia deja siempre que sea el otro jugador quien no coopere en primer lugar, y nunca lo hace más veces que el otro. Así pues, TOMA Y DACA, o bien logra la misma puntuación que el otro jugador, o un poco menos. TOMA Y DACA venció en el torneo, pero no venciendo a ningún otro jugador, sino provocando en los demás conductas que les permitían a los dos jugadores lograr altas puntuaciones. Tan regular y sistemático fue TOMA Y DACA en conseguir de otros actitudes mutuamente remuneradoras, que logró una puntuación global superior a la de cualquier otra estrategia.

Por consiguiente, en un mundo de suma no nula no es preciso tener que lograr más que el otro jugador para obtener nosotros excelentes resultados. Y esto resulta especialmente válido cuando se está interactuando con muchos jugadores diferentes. No hay ningún problema en dejarles que obtengan lo mismo que nosotros, e incluso un poco más, en tanto nosotros sigamos logrando buenos resultados para nosotros mismos. Carece de sentido sentir envidia del éxito del otro jugador, dado que en un Dilema del Prisionero de larga duración el éxito del otro es, virtualmente, condición necesaria para el propio éxito.

El Congreso estadounidense nos proporciona un ejemplo adecuado. Los miembros del Congreso pueden cooperar unos con otros sin que ello suponga un peligro para su situación en sus respectivas demarcaciones electorales. Para los congresistas, el peligro principal no procede de los relativos éxitos que pueda lograr otro congresista del otro extremo del país, sino de alguien que pudiera suponerle un reto en su distrito electoral. Así pues, tiene poco sentido regatearle a un compañero de legislatura el éxito resultante de la mutua cooperación.

Lo mismo sucede en los negocios. Una empresa que compre a un determinado proveedor puede esperar que una relación satisfactoria

---

tegia, A, sería el rendimiento de otra estrategia, A', cuando se jugase con esta misma B. Es decir, tendríamos que comparar $V(A \mid B)$ y $V(A' \mid B)$. Globalmente, lo que uno desea hallar es la estrategia que logra un resultado promedio más alto al interactuar con la totalidad de las otras estrategias B con las que vayamos a encontrarnos.

les resulte fructífera tanto al proveedor como al comprador. No tiene objeto sentir envidia de las ganancias del proveedor. Todo intento de reducírselas, mediante prácticas de no cooperación, como no pagar puntualmente las facturas, sólo servirá para hacer que el proveedor emprenda acciones de represalia. Represalias que pueden tomar una muy amplia diversidad de formas, muchas veces no explícitamente declaradas como acciones punitivas. Así, por ejemplo, pueden consistir en retrasos en las entregas de pedidos, controles de calidad menos estrictos, menores descuentos por compras de gran volumen, o información menos oportuna y a tiempo sobre los cambios de tendencia esperados en el mercado (Macaulay 1963). Las represalias pueden hacer que la envidia resulte sumamente costosa. En lugar de preocuparse de los márgenes de beneficio del vendedor, el comprador debería preguntarse si no habría otra estrategia de compras mejor.

2. *No ser el primero en no cooperar*

Tanto el campeonato como los resultados teóricos muestran que la cooperación es rentable en tanto el otro jugador esté cooperando.

Los resultados del campeonato, dados en el Capítulo 2, llaman poderosamente la atención. Entre los rasgos que, individualmente considerados, permiten predecir el buen funcionamiento de una regla, el que mejores indicaciones dio fue el carácter de ser *decente*, es decir, de si la regla podría o no ser la primera en no cooperar. Las ocho reglas mejor clasificadas en la primera ronda del torneo eran, en su totalidad, reglas *decentes;* ni una sola de las siete colistas lo fue. En la segunda vuelta, las quince reglas situadas en cabeza eran todas, menos una, reglas *decentes* (la excepción quedó en octavo lugar). De las quince peor clasificadas, todas, menos una, fueron reglas no decentes.

Algunas de las reglas que no fueron *decentes* utilizaron métodos verdaderamente refinados, ideados para intentar obtener impunemente algo a costa del otro. Por ejemplo, la estrategia TANTEADORA probaba, ya en el instante inicial, «ver si colaba» una primera defección, dando inmediatamente marcha atrás si el otro se tomaba la revancha. En otro ejemplo, TRANQUILIZADORA solía esperar una o dos docenas de jugadas antes de no cooperar, para ver si el otro se dejaba engatusar y explotar de cuando en cuando. Si así ocurría, TRANQUILIZADORA lanzaba nuevas defecciones, a intervalos cada vez más fre-

cuentes, hasta que la respuesta del otro la obligase a cambiar de táctica. Ahora bien, ninguna de las estrategias como éstas, que exploraban la posibilidad de ser los primeros en no cooperar, logró resultados especialmente brillantes. Había, entre los jugadores, demasiados a los que no se podía explotar, en virtud de su presteza en tomar represalias. Y no pocas veces, los conflictos consiguientes fueron sumamente costosos.

Fueron muchos los participantes, incluidos los expertos, que no apreciaron debidamente la importancia de ser *decente*, y rehuir conflictos innecesarios. En la primera ronda, casi la mitad de los programas presentados por los expertos no fueron reglas *decentes*. Y en la segunda, cuando ya era posible tener en cuenta los muy claros resultados de la primera, aproximadamente la tercera parte de los participantes concursaron con reglas que no eran *decentes*. Mas con escaso provecho.

Los resultados teóricos del capítulo 3 explican desde otro punto de vista por qué las reglas *decentes* prosperan tanto. Las poblaciones de reglas *decentes* son las más difíciles de invadir, a causa de los buenos resultados que logran al interactuar unas con otras. Además, una población de reglas *decentes* que sea capaz de resistir a la invasión de una única regla mutante es capaz de resistir a la invasión de cualquier apiñamiento de otras reglas (véase la página 00).

Los resultados teóricos proporcionan una importante matización a las ventajas de utilizar una estrategia *decente*. Cuando el futuro de la interacción no es lo suficientemente importante, compararlo con las ganancias inmediatas de la defección, limitarse a esperar a que el otro no coopere ya no es una buena idea. Importa mucho tener presente que TOMA Y DACA solamente es estable cuando el parámetro de actualización, W, es lo suficientemente grande, lo que es función de los valores de los parámetros de pago R, P, T e I. En particular, la Proposición 2 muestra que si el parámetro de actualización no es lo suficientemente grande, y si el otro jugador está aplicando TOMA Y DACA, saldremos mejor parados alternando cooperación y defección, e incluso puede que no cooperando nunca. Así pues, si no es probable que volvamos a ver al otro jugador, es preferible defraudar sin dilación que ser *decente*.

Este hecho tiene desafortunadas consecuencias para grupos humanos que se sabe que han de moverse de un lugar a otro. Un antropólogo revela que cuando un gitano se acerca a un payo lo hace pensando que va a haber problemas, y que cuando un payo trata con

un gitano lo hace con gran desconfianza, temeroso de ser estafado.

Por ejemplo, fue preciso llamar a un médico para que atendiera a un niño gitano muy enfermo. El médico que vino no fue el primero en ser llamado, sino el primero que estuvo dispuesto a venir. Le acompañamos hacia el dormitorio del fondo, pero se detuvo antes de traspasar el umbral del cuarto del enfermo. «La visita son quince dólares, y ya me deben ustedes cinco de la última vez. Páguenme mis veinte dólares antes de que consulte al paciente», exigió el médico. «Vale, vale, los tendrá, pero ahora vea al niño», suplicaron los gitanos. La escena se repitió varias veces antes de que yo interviniera. Diez dólares cambiaron de manos, y el médico examinó al enfermo. Tras la visita descubrí que los gitanos, como venganza, no tenían intención de pagar los otros diez dólares (Gropper, 1975; pp.106-7).

En una Comunidad de California se volvió a comprobar que los gitanos no pagaban la totalidad de los honorarios de los médicos; en cambio, las multas municipales sí se pagaban con presteza (Sutherland, 1975; p.70). De ordinario, estas multas se debían a infracciones en materia de basuras. El hecho se producía en un grupo de gitanos que volvían a la ciudad todos los inviernos. Es de presumir que los gitanos se dieran cuenta de que tenían que mantener una relación perdurable con el servicio de recogida de basuras, para el cual no se podía encontrar sustituto. Recíprocamente, siempre habría en la zona suficientes médicos como para poder romper la relación con alguno de ellos, e iniciarla con otro, si fuese necesario [3].

No es la brevedad de las interacciones la única condición que puede hacer rentable el ser el primero en no cooperar. La otra posibilidad consiste, pura y simplemente, en que la cooperación por nuestra parte no vaya a ser correspondida. Si todos los demás están aplicando una estrategia de defección sistemática, lo mejor que puede hacer un individuo aislado es aplicar esa misma estrategia. Pero, como se mostró en el capítulo 3, en el caso de que una cierta proporción de las interacciones, aun si es pequeña, implique a otros cuyas estrategias respondan a nuestra conducta, como puede ser la estrategia de TOMA Y DACA, pueden resultar rentable aplicar TOMA Y DACA en lugar de no cooperar por sistema, como están haciendo la mayoría de los individuos de la población. En el ejemplo numérico allí presentado era suficiente que el 5 por ciento de las interacciones propias se produjeran con jugadores de la misma mentalidad, que aplicasen TOMA Y DACA, para que miembros de este pequeño apiñamiento lograsen

[3] Pueden verse más descripciones de interacciones entre gitanos y payos en Kenrick y Puxon (1972), Acton (1974) y Sway (1980).

mejores resultados que los miembros típicos de la población, no cooperantes sistemáticos [4].

¿Y habrá por ahí alguien dispuesto a corresponder a nuestra cooperación inicial? En ciertas circunstancias, será difícil asegurarlo por adelantado. Ahora bien, si ha habido el tiempo suficiente como para que puedan ser ensayadas muchas estrategias, y para que se hagan más corrientes las estrategias de mayor éxito, entonces se puede tener una confianza razonable en que habrá individuos dispuestos a corresponder a nuestra cooperación. El motivo es que incluso un apiñamiento relativamente pequeño de reglas *decentes* discriminantes es capaz de invadir una población de *malvados,* y prosperar después merced a las buenas puntuaciones que logran al interactuar entre sí. Y una vez que las reglas *decentes* logran hacer pie, pueden protegerse a sí mismas de la reinvasión de los *malvados.*

Evidentemente, uno podría intentar «jugar sobre seguro», y no cooperar hasta que el otro jugador cooperase; solamente entonces empezaríamos a cooperar. Sin embargo, los resultados del torneo revelan que en realidad esta estrategia es muy arriesgada. La razón es que muy posiblemente nuestra primera defección inicial provoque la represalia del otro jugador. Lo cual nos colocará en la difícil situación de tratar de romper una pauta inicial de explotación o de mutua defección. Si castigamos la defección del otro, el problema puede ir reverberando hacia el futuro. Y si perdonamos al otro, corremos el riesgo de parecer explotables. E incluso, aunque logremos evitar estos problemas a largo plazo, la represalia inmediata de nuestra defección inicial puede hacernos desear haber sido *decentes* desde el principio.

El análisis ecológico del torneo reveló otra razón por la que es peligroso ser el primero en no cooperar. La única regla no *decente* que logró situarse entre las quince de cabeza en la segunda ronda del torneo fue la clasificada en octavo lugar, HARRINGTON. Esta regla logró resultados francamente buenos, porque puntuó bien con las reglas clasificadas en los últimos puestos de la tabla. En las rondas hipotéticas futuras del torneo, las reglas peor clasificadas fueron haciéndose una parte cada vez más reducida del total de la población. Con el tiempo, la regla no *decente,* que inicialmente había puntuado bien, fue teniendo cada vez menos estrategias con las que pudiera lo-

[4] Este ejemplo de la eficacia del apiñamiento se basó en los parametros $W = 0{,}9$, $T = 5$, $R = 3$, $P = 1$ e $I = 0$

grar buenos resultados. Entonces comenzó a sufrir, y acabó finalmente por perecer. Así pues, el análisis ecológico muestra que lograr buenos resultados a costa de reglas que no prosperen también ellas mismas, acababa redundando en la propia derrota. La lección es que no ser *decente* puede parecer prometedor en un principio, pero a la larga acaba por destruir el ambiente mismo que se requiere para el propio éxito.

3. *Corresponder a la cooperación y a la defección*

El extraordinario éxito de TOMA Y DACA sugiere un consejo bastante simple, pero sumamente eficaz: practicar la reciprocidad. Tras cooperar en la primera jugada, TOMA Y DACA se limita, sencillamente, a responder de igual manera a como el otro jugador lo hiciera en la jugada anterior. Esta regla, tan sencilla, es de una robustez sorprendente. Ganó la primera vuelta del Campeonato Computarizado de Dilema del Prisionero, logrando en ella mayor puntuación que cualquiera de las restantes reglas presentadas por los especialistas en teoría de juegos. Y cuando este resultado fue dado a conocer, para información de los concursantes en la segunda ronda, TOMA Y DACA volvió a vencer. Tal victoria fue, desde luego, una sorpresa, pues cualquiera pudo haberla presentado a la segunda vuelta, una vez comprobado su éxito en la primera. Como es obvio, casi todo el mundo creyó poderlo hacer mejor, y se equivocó.

TOMA Y DACA no se limitó a vencer en el campeonato propiamente dicho, sino que en los torneos futuros hipotéticos logró mejores resultados que cualquier otra regla. Lo cual indica que TOMA Y DACA no sólo se defiende bien con una amplia variedad de reglas, sino que lo hace especialmente bien con las reglas con éxito, que es de esperar que vayan presentándose en proporción cada vez mayor en el futuro. No destruye las bases en que se funda su propio éxito; prospera en las interacciones con otras reglas con éxito.

La forma de reciprocidad a la que TOMA Y DACA da cuerpo también es buena por razones teóricas. Cuando el futuro tiene importancia, comparado con el presente, la estrategia TOMA Y DACA es colectivamente estable. Ello significa que si todo el mundo está aplicando TOMA Y DACA, el mejor consejo que se puede ofrecer a un jugador concreto es que aplique TOMA Y DACA también. O dicho de otro modo, si uno está seguro de que el otro jugador obedece a TOMA

Y DACA, y de que la interacción va a durar lo suficiente, entonces podríamos hacer lo mismo. Pero lo más atractivo de la reciprocidad de TOMA Y DACA es que sea tan buena y eficaz en un amplio abanico de situaciones.

En efecto, TOMA Y DACA es muy buena en cuanto a discriminar entre las reglas que devuelven su cooperación inicial y las que no lo hacen. Incluso es maximalmente discriminante, en el sentido explicado en el capítulo 3 (página 00). Lo cual permite invadir un mundo de *malvados* mediante el grupo apiñado más pequeño posible. Además, no sólo devuelve la cooperación, sino también la defección, lo que la hace provocable. Y la Proposición 4 demuestra que, en realidad, ser provocable es condición necesaria para que una regla *decente*, como lo es TOMA Y DACA, pueda resistir la invasión.

En su respuesta a las defecciones del otro jugador, TOMA Y DACA representa un equilibrio entre el castigo y el perdón. TOMA Y DACA defrauda siempre una vez tras cada defección del otro, y TOMA Y DACA alcanzó en los torneos el éxito máximo. Esto plantea la cuestión de si el equilibrio óptimo corresponde siempre a devolver favor por favor y golpe por golpe. Es difícil decirlo, pues no se presentaron a los torneos reglas con otras proporciones ligeramente distintas. Lo que sí está claro es que extraer más de una defección por cada defección del otro conlleva un grave riesgo de escalada. Por otra parte, extraer menos de una por cada una es arriesgarse a ser explotado.

TOMA Y DOS DACAS es la regla que solamente defrauda después de que el otro jugador haya defraudado en las dos jugadas precedentes. Así pues, devuelve una por dos. De haber sido presentada, esta regla comparativamente tolerante y bonachona hubiera sido la vencedora en la primera ronda del Campeonato Computarizado. Hubiera logrado tan buenos resultados porque hubiera logrado evitar las mutuas recriminaciones con otras reglas que le causaron problemas, incluso a TOMA Y DACA. No obstante, cuando TOMA Y DOS DACAS sí fue realmente presentada, en la segunda vuelta del campeonato, ni siquiera alcanzó a clasificarse en el tercio de cabeza. La razón es que la segunda vuelta contenía algunas reglas capaces de explotar su disposición a tolerar defecciones aisladas.

La moraleja de la historia es que el nivel óptimo de indulgencia depende en cada caso del ambiente. En particular, si el peligro principal es el de una serie interminable de recriminaciones muturas, puede ser conveniente un generoso nivel de indulgencia. En cambio, si el peligro principal procede de estrategias especializadas en abusar de

las estrategias bonachonas, una excesiva tolerancia resultará costosa. Aunque en un ambiente dado sin duda resultará difícil determinar la dosis exacta de indulgencia, los resultados del torneo indican que una proporción cercana al *golpe por golpe*, en respuesta a las defecciones, puede resultar sumamente eficaz en una amplia diversidad de situaciones. Así pues, un buen consejo para los jugadores es que devuelvan tanto la cooperación como la defección.

4. *No ser demasiado listo*

Los resultados del torneo muestran que en una situación de Dilema del Prisionero es muy fácil pasarse de listo. Las reglas más refinadas y rebuscadas no lograron mejores resultados que las sencillas. En realidad, las llamadas reglas de maximización lograron no pocas veces resultados bajos, porque se encarrilaron en rachas de mutua defección. Uno de los problemas más frecuentes que presentaban estas reglas es que se valían de complejos métodos para hacer inferencias al respecto del otro jugador, y estas inferencias resultaban erróneas. Parte del problema consistía en que las defecciones «de tanteo» del otro jugador eran muchas veces interpretadas como indicadores de la imposibilidad de animar al otro a cooperar. Pero el meollo del problema estaba en que estas reglas no tuvieron en cuenta que su propia conducta haría cambiar al otro jugador.

Cuando nos planteamos si salir con paraguas, no tenemos que preocuparnos de que las nubes tengan en cuenta nuestra conducta. Podemos estimar la probabilidad de que llueva basándonos en nuestra propia experiencia. Análogamente, en un juego de suma cero, como el ajedrez, podemos suponer con fundamento que el otro jugador va a elegir la jugada que más temible nos resulta, y obrar nosotros en consecuencia. Así pues, nuestro análisis debe ser tan complejo y refinado como sea posible.

Pero los juegos de suma no nula, como el Dilema, no son así. A diferencia de las nubes, el otro jugador puede responder a las decisiones por las que optemos. Y a diferencia del ajedrez, no hay por qué considerar al contrario como alguien dispuesto a vencernos. El otro jugador estará pendiente de nuestras señales, para ver si nosotros vamos a corresponder a su cooperación o no, y por consiguiente, puede que nosotros recibamos de rechazo nuestra propia conducta.

Las reglas que tratan de maximizar su propia puntuación, tratando al otro jugador como si fuese una parte fija del ambiente, no tienen en cuenta esta faceta de la interacción, por muy refinados y perfectos que hayan sido sus cálculos acordes con sus restringidas hipótesis. Así pues, no resulta rentable ser muy listo al construir un modelo del otro jugador si se deja de lado el proceso de reverberación, durante el cual el otro jugador está adaptándose a nosotros, y después el otro se adapta a nuestra adaptación, y así sucesivamente. Se trata de una ruta demasiado difícil para que pueda haber demasidas esperanzas de recorrerla con éxito. Y desde luego, ninguna de las reglas más o menos complejas presentadas en las dos rondas del torneo tuvo mucho éxito en ello.

Otra de las formas de pasarse de listo es aplicar la estrategia de la «represalia permanente». Consiste esta estrategia en cooperar en tanto lo vaya haciendo el otro jugador, para ya no volver a hacerlo en cuanto se produzca una sola defección del otro. Dado que se trata de una estrategia *decente*, logra buenos resultados con todas las demás estrategias *decentes*. También logró buenos resultados con reglas indiferentes a la conducta del otro, como la regla de puro azar. Con otras muchas reglas, sin embargo, los resultados que logra son malos, porque renuncia demasiado pronto a tratar con reglas que tantean con defecciones ocasionales, pero que están dispuestas a enmendarse tan pronto se las castiga. La represalia permanente puede parecer una estrategia inteligente, pues aporta el máximo incentivo para evitar la defección, pero es demasiado brusca para su propio bien.

Queda todavía una tercera forma en que pueden pasarse de listas algunas de las reglas del torneo: aplicando una estrategia probabilística tan compleja que a las otras estrategias les resulta imposible distinguirla de la decisión al puro azar. Dicho de otro modo, la excesiva complejidad puede ser confundida con el caos total. Si uno está utilizando una estrategia que parezca ser aleatoria, el otro jugador entenderá que somos indiferentes a su conducta, y no tendrá incentivo para cooperar con nosotros. Así pues, resulta muy peligroso que por demasiado complicados resultemos incomprensibles.

Desde luego, en muchas situaciones humanas, las personas que para su comportamiento estén utilizando reglas complejas pueden explicar al otro jugador las razones de cada una de sus decisiones. No obstante, sigue planteándose el mismo problema. El otro jugador puede tener reservas al respecto de las razones presentadas cuando éstas sean tan complicadas que parezcan especialmente elaboradas para

la ocasión. En tales circunstancias, el otro jugador puede muy bien dudar de que haya por nuestra parte una actitud de sensibilidad a su conducta que valga la pena alentar. Así pues, el otro jugador puede tener por imposible de reformar a otra regla cuya conducta le parezca impredictible. Y esta conclusión le llevará indefectiblemente a la defección.

Una de las posibles explicaciones del gran éxito de TOMA Y DACA en el campeonato es que su conducta es de una gran claridad; le resulta eminentemente comprensible al otro jugador. Cuando uno utiliza TOMA Y DACA, el otro jugador tiene una excelente ocasión de comprender lo que estamos haciendo. La regla de golpe por golpe en caso de defección es fácil de apreciar. Así pues, nuestra conducta futura es predictible. En cuanto así sucede, el otro jugador puede ver inmediatamente que la mejor forma de habérselas con TOMA Y DACA es cooperar con ella. Suponiendo que el juego tenga suficiente probabilidad de continuar por lo menos durante otra interacción más, la mejor táctica al tropezar con una estrategia de TOMA Y DACA es cooperar ahora, a fin de recibir la cooperación del otro en la jugada consecutiva.

Y otra vez vuelve a presentarse una importante diferencia entre los juegos de suma cero, como el ajedrez, y los juegos de suma no nula, como el Dilema del Prisionero iterativo. En ajedrez conviene hacer que el otro tenga que adivinar nuestras intenciones, pues cuanto más dudas tenga acerca de ellas tanto menos eficiente será su estrategia. El mantener secretas las intenciones propias es manifiestamente útil en los juegos de suma cero, pues cualquier ineficiencia en la conducta del otro jugador irá en beneficio nuestro. Pero en los juegos de suma no nula no siempre resulta rentable tanta astucia. En el Dilema del Prisionero iterativo uno se beneficia de la cooperación del otro. El truco consiste en incitarle a esa cooperación. Una buena forma de hacerlo es dejar bien claro que nosotros vamos a corresponder. Las palabras pueden ayudar, pero como todo el mundo sabe, los hechos hablan por sí solos, y con voz más alta. He aquí por qué son tan eficaces los actos de TOMA Y DACA, que tan fáciles son de comprender.

Capítulo VII
LA PROMOCION DE LA COOPERACION

En este capítulo se adopta el punto de vista de un reformador social. Se plantea en él cómo transformar la propia situación estratégica, a fin de promover la cooperación entre los jugadores. En el capítulo anterior adoptamos una perspectiva diferente. El problema allí planteado era cómo asesorar a un individuo que se encontrase en un ambiente *dado*. Si la situación estratégica permitía que las interacciones entre los individuos fuesen lo suficientemente prolongadas, gran parte del asesoramiento estaría dirigido a mostrar las razones por las cuales un egoísta debería estar dispuesto a cooperar, a pesar incluso de que hubiera un incentivo inmediato para no hacerlo. Ahora bien, de no ser la interacción muy duradera, el individuo egoísta podría salir mejor parado buscando el beneficio inmediato, y no cooperando. En este capítulo, por otra parte, no se supone que el ambiente de interacción estratégica venga dado ya. En él se plantea, en cambio, cómo se puede promover la cooperación mediante la transformación del propio ambiente estratégico, por ejemplo, reforzando la sombra que proyecta el futuro.

De ordinario, la cooperación es tenida por buena y positiva. Tal sentimiento es natural cuando uno adopta el punto de vista de los ju-

gadores. Después de todo, a los dos partícipes en un Dilema del Prisionero iterativo les resulta conveniente la colaboración mutua. Por tal motivo, este capítulo está escrito con la mirada puesta en la promoción de la cooperación. Sin embargo, como ya se ha sugerido, hay situaciones en las que se desea justamente lo contrario. Para evitar que las empresas fijen los precios a su conveniencia, por mutuo acuerdo, o para impedir que enemigos potenciales nuestros coordinen sus acciones, sería necesario atender al problema inverso, y hacer justamente lo contrario de lo que pueda contribuir a la cooperación.

El propio Dilema del Prisionero recibe su nombre de una de estas situaciones En su versión inicial, dos cómplices de un delito son detenidos e interrogados por separado. Cada uno de ellos puede traicionar al otro, confesando, con la esperanza de recibir una pena más leve. Ahora bien, si ambos confiesan, sus confesiones no le serán al fiscal tan valiosas como antes. Por otra parte, si cada uno de ellos coopera con el otro, negándose a confesar, el fiscal solamente podrá lograr que los condenen por un delito de poca gravedad. Suponiendo que ninguno de los cómplices tenga escrúpulos morales en delatar al compañero, o temor de hacerlo, los pagos pueden formar un Dilema del Prisionero (Luce y Raiffa 1957, pp. 94-95). Desde el punto de vista de la sociedad resulta muy conveniente que los cómplices tengan pocas oportunidades de volver pronto a verse atrapados en la misma situación, porque ésa es precisamente la razón de que, individualmente, a cada uno de ellos le resulte ventajoso delatar al otro.

En tanto las interacciones no sean reiteradas, será muy difícil que tenga lugar la cooperación. He aquí por qué una forma importante de promover la cooperación consiste en disponer las cosas de modo que unos mismos individuos tengan ocasión de volverse a encontrar, de reconocerse a causa de su interacción anterior, y de recordar cómo se ha comportado el otro hasta el momento. Es esta interacción continuada lo que hace posible que la cooperación basada en la reciprocidad sea estable.

El asesoramiento relativo a cómo puede ser promovida la cooperación mutua se ofrece a tres niveles o categorías: incrementar la importancia del futuro, en comparación con la del presente; modificar los pagos asignados a los jugadores en los cuatro posibles resultados de cada jugada; y enseñar a los jugadores valores, hechos y destrezas que sirvan para promover la cooperación.

1. *Magnificar la sombra del futuro*

La cooperación mutua puede ser estable si el futuro adquiere suficiente importancia en comparación con el presente. Es así, porque los jugadores pueden cada uno sacar partido de la tácita amenaza de represalias ante las defecciones del otro, lo cual requiere que la interacción dure lo suficiente como para que tal amenaza sea realmente temida. Basta ver con un ejemplo numérico cómo funciona lo anterior para poder formular los distintos métodos que permiten magnificar ante los jugadores la sombra del futuro.

Lo mismo que antes, supongamos que la remuneración a recibir en la siguiente jugada equivalga sólo a un determinado porcentaje fijo de la remuneración correspondiente a la jugada en curso. Recordemos que este parámetro de actualización, W, es reflejo de dos razones, por las cuales el futuro es, típicamente, menos importante que el presente. Ante todo, uno u otro jugador puede morir, quebrar, trasladarse a otro lugar, etc. y la relación entre ambos romperse por una u otra razón. Dado que ninguno de estos factores es predictible con certeza, la jugada siguiente no es tan importante como la actual. Puede que no haya próxima jugada. Una segunda razón para que el futuro sea menos importante que el presente es que los individuos prefieren, por lo general, lograr hoy un beneficio dado y no tener que esperar hasta mañana para recibir el mismo beneficio. Estos dos efectos se conjugan para hacer que la jugada siguiente tenga menos importancia que la del presente.

El ejemplo numérico es el ya familiar. Un Dilema del Prisionero iterativo, cuyos pagos a los jugadores son como sigue: la tentación para no cooperar mientras el otro está cooperando da $T = 5$; la recompensa por mutua colaboración es $R = 3$; la penalización por mutua defección, $P = 1$; y el pago al ingenuo, que coopera cuando el otro defrauda, $I = 0$. Supongamos por un instante que la jugada siguiente valga un 90 por ciento de la actual, $W = .9$. En ese caso, si el otro jugador está aplicando TOMA Y DACA, no resultará rentable no cooperar. Aunque así resulta directamente de la Proposición 2, que nos dice cuando es TOMA Y DACA colectivamente estable, no hay dificultad en calcular nuevamente los pagos, para ver cómo funciona. Si al jugar con una estrategia de TOMA Y DACA cooperamos siempre, recibiremos una recompensa de R en cada jugada. Tenida en cuenta la tasa de actualización, la puntuación total esperada será de

$R + WR + W^2R...$ que suma $R/(1 - W)$. En el caso de $R = 3$ y de $W = 0{,}9$, este valor es de 30 puntos.

Es imposible ganar más. Si nunca cooperamos, en la primera jugada recibiríamos el pago de la tentación, $T = 5$, pero a partir de ese momento, solamente lograríamos la penalización por mutua defección, $P = 1$. El valor así acumulado es de 14 puntos [1]. Y 14 puntos no es tanto como podríamos haber obtenido cooperando. Podríamos igualmente haber probado a ir alternando la defección y la cooperación, preparando repetidamente a TOMA Y DACA para ser explotada, al costo de ser uno mismo explotado en una jugada sí y otra no. Recibiríamos así 26,3 puntos [2]. Son, desde luego, más que los 14 puntos de la defección sistemática, pero no tanto como los 30 que produciría el cooperar siempre con TOMA Y DACA. Y una de las consecuencias de la Proposición 2 es que si estas dos estrategias no son mejores que la cooperación al interactuar con TOMA Y DACA, ninguna otra estrategia lo será tampoco. Cuando el futuro proyecta sobre el presente una gran sombra, como aquí está reflejado en el alto valor (90 por ciento) del parámetro de actualización, resulta rentable cooperar con quienes estén utilizando TOMA Y DACA. Y así pues, con una gran sombra del futuro, la cooperación fundada en la reciprocidad es estable.

La situación es distinta cuando la sombra del futuro no es tan amplia. Para verlo, supongamos que el parámetro de actualización bajase desde el 90 hasta el 30 por ciento. Tal reducción pudiera deberse a una mayor probabilidad de que la interacción terminase pronto, o a una mayor valoración de los beneficios inmediatos frente al retraso en su percepción, o a alguna otra combinación de estos dos factores. Supongamos, como antes hicimos, que el otro jugador está actuando según TOMA Y DACA. En caso de cooperar siempre, recibiremos R en cada jugada, lo mismo que antes. Nuestra puntuación esperada será de $R/(1 - W)$, como ya vimos, pero ahora, a causa del bajo valor de W, este valor es de 4,3 puntos solamente. ¿No se podrá obte-

---

[1] La puntuación de SIEMPRE D al jugar con TOMA Y DACA es $T + WP + W^2P...$, que es $T + WP(1 + W + W^2...)$, o sea, $T + WP(1 - W)$. Numéricamente este valor es $5 + 0{,}9 \times 1/0{,}1 = 14$ puntos.

[2] Cuando el otro jugador está aplicando TOMA Y DACA, la alternancia de defección y cooperación da una puntuación de $T + WI + W^2T + W^3I...$, expresión que podemos simplificar agrupando los términos por pares, lo que daría $(T + WI)(1 + W^2 + W^4 + W^6...)$, o sea, $(T + WI)/(1 - W^2)$, que en este caso concreto daría $(5 + 0{,}0)/(1 - 0{,}9 \times 0{,}9) = 26{,}3$.

ner más? Si nunca cooperásemos siempre obtendríamos $T = 5$ en la primera jugada, y a partir de ese momento $P = 1$ por jugada. El total acumulado es ahora de 5,4 puntos, superior a lo que se podría lograr siendo cumplidor. La alternancia de cooperación y defección aún da mejores resultados: con 6,2 puntos. Asi pues, conforme la sombra del futuro va contrayéndose y achicándose comienza a dejar de convenir ser cumplidor con el otro jugador, incluso aunque el otro jugador corresponda a nuestra cooperación.

Y si a nosotros no nos es rentable cooperar, tampoco lo es para el otro jugador. Así pues, cuando el parámetro de actualización no es lo suficientemente elevado, es probable que no exista cooperación, o si la hay, que vaya a desaparecer bastante rápidamente. Esta conclusión es independiente de que se esté aplicando TOMA Y DACA, o no, porque la Proposición 3 del capítulo 3 mostró que cualquier estrategia que pueda ser la primera en cooperar solamente es estable cuando el parámetro de actualización es lo suficientemente grande; lo cual significa que *ninguna* forma de cooperación es estable cuando el futuro no tiene importancia en comparación con el presente.

Esta conclusión resalta la importancia del primer método de promoción de la cooperación: magnificar la sombra del futuro. Existen para ello dos procedimientos básicos: hacer más duraderas las interacciones y hacerlas más frecuentes.

El método más directo para incentivar la cooperación es hacer las interacciones más duraderas. Una boda, por ejemplo, es un acto público ideado para celebrar y promover la perdurabilidad de una relación. Perdurabilidad que puede ayudar no sólo a los cónyuges, sino también a los enemigos. El más llamativo ejemplo de esta tesis fue el modo en que se desarrolló y prosperó el sistema «de vivir y dejar vivir» durante la guerra de trincheras, en la Primera Guerra Mundial. Como se vio en el capítulo 4, lo que la guerra de trincheras tuvo de insólito fue que las mismas unidades militares de pequeño tamaño permanecieran en contacto durante largos períodos de tiempo. Los soldados de estas unidades sabían que sus interacciones habrían de continuar, pues nadie podía ir a otro sitio. En guerras más móviles, las pequeñas unidades se encontrarían en cada enfrentamiento con el enemigo con una unidad distinta; por consiguiente, no resultaría rentable iniciar la cooperación con la esperanza de que el otro individuo, o la otra pequeña unidad, nos la devolviera más tarde. Pero en un combate estático, la interacción entre dos pequeñas unidades se prolonga durante importantes períodos de tiempo. Esta prolongada

interacción hace que valga la pena ensayar pautas de cooperación basadas en la reciprocidad, y permite que lleguen a quedar firmemente establecidas.

Otra forma de agrandar la sombra del futuro consiste en hacer más frecuentes las interacciones. En tal caso, la interacción siguiente se produce mucho antes, y por ello la jugada siguiente se cierne sobre el presente con una importancia que de otro modo no le concederíamos. Esta mayor tasa de interacciones se verá reflejada en un aumento de *W*, o sea, de la importancia de la jugada siguiente con relación a la jugada en curso.

Vale la pena fijarse en que el parámetro de actualización, *W*, se basa en la importancia relativa de cada jugada y la siguiente, y no de un intervalo de tiempo y de los que le siguen. Así pues, si los jugadores estiman que los pagos a percibir dentro de dos años valen sólamente la mitad de esos mismos pagos si fueran percibidos hoy, una de las formas de promover la cooperación sería hacer sus interacciones más frecuentes.

Una buena forma de incrementar la frecuencia de las interacciones entre dos individuos dados es mantener apartados a los demás. Por ejemplo, los pájaros que establecen un territorio pasan a tener un número limitado de vecinos. Lo cual, a su vez, supone que tendrán relaciones relativamente frecuentes con estos individuos cercanos. Lo mismo podría decirse de una firma comercial con una base territorial, que comprase y vendiese casi exclusivamente a unas pocas firmas situadas en su territorio. Vemos aquí una de las razones de que la cooperación aflore más fácilmente en las villas y ciudades pequeñas que en las grandes ciudades. Es también una buena razón para que las empresas de un determinado ramo procuren mantener alejadas a otras empresas, que pudieran perturbar las gratas restricciones a la competencia que han establecido en su cerrado coto industrial. Finalmente, a los vendedores ambulantes y a los trabajadores les resultará más fácil desarrollar relaciones de cooperación con sus clientes si éstos son visitados a intervalos regulares que si solamente lo son esporádica e impredictiblemente. El principio es siempre el mismo: las interacciones frecuentes contribuyen a promover una cooperación estable.

La organización y la jerarquización son especialmente eficaces para concentrar las interacciones entre individuos específicos. Los sistemas burocráticos tienden a hacer que sus miembros desempeñen funciones específicas, y por ello, se procura agrupar a las personas

que trabajan en tareas relacionadas. Esta regla organizativa aumenta la frecuencia de las interacciones, facilitando así a los funcionarios el desarrollo de relaciones de cooperación estables. Además, cuando un problema exige la intervención coordinada de diferentes ramas de la organización, la estructuración jerárquica permite transferir el problema a órganos decisorios de un nivel superior, quienes frecuentemente tratan, casi exclusivamente, de estas cuestiones. Al ligar entre sí a las personas en un juego a largo plazo, y a muchos niveles, las organizaciones aumentan el número e importancia de las interacciones futuras, promoviendo de esta forma la emergencia de la cooperación entre grupos demasiado grandes para poder interactuar individualmente. Lo cual, a su vez, lleva a la evolución de organizaciones capaces de abordar cuestiones más importantes y complejas.

La concentración de las interacciones, de modo que cada individuo se encuentre frecuentemente tan sólo con unos pocos, reporta otro beneficio, además de hacer la cooperación más estable. Ayuda también a ponerla en funcionamiento. Como ya se mencionó en el capítulo 3, al analizar el apiñamiento, incluso un reducido grupo de individuos apiñados puede llegar a invadir a una gran población de malvados. Es preciso que los miembros del grupo efectúen una proporción no trivial de sus interacciones con otros individuos del mismo grupo, aun cuando la mayor parte de sus interacciones puedan llevarse a cabo con la población general. El ejemplo numérico hizo ver cuán fácilmente le resultaba a una población de jugadores TOMA y DACA invadir a una población de jugadores que no cooperasen nunca. Con los valores ilustrativos típicos de los pagos ($T = 5$, $R = 3$, $P = 1$ e $I = 0$) y un moderado parámetro de actualización ($W = 0{,}9$), a los miembros del grupo apiñado les basta con que un 5 por ciento de sus interacciones sean con otros miembros del grupo para que la cooperación pueda iniciarse en un mundo de malvados.

Una de las formas de hacer que dos individuos se encuentren más frecuentemente es concentrar las interacciones. Cuando se trata de negociaciones y regateos, otra forma de hacer más frecuentes las interacciones es descomponer las cuestiones a negociar en unidades pequeñas. Así, por ejemplo, un tratado de control de armamentos o de desarme podría ser descompuesto en muchas etapas intermedias; ello permitiría a las dos partes negociadoras ir avanzando con pasos relativamente pequeños, en lugar de tener que dar uno o dos grandes pasos decisivos. Al proceder de este modo, la reciprocidad puede ser más efectiva. Si ambas partes supieran que a un paso impropio de la

otra se puede responder con la defección recíproca en la fase siguiente, ambas partes tendrían mayor confianza en que el proceso funcionara como está previsto. Como es obvio, en el control de armamentos, uno de los principales problemas estriba en que cada bando pueda estar seguro de lo que verdaderamente hizo el otro en la jugada anterior, es decir, si cooperaron, cumpliendo las obligaciones pactadas, o si no cooperaron, haciendo trampa. Ahora bien, para un determinado nivel de confianza que cada bando pueda tener en su capacidad para detectar los incumplimientos, el tener que dar muchos pasos pequeños ayudará más a promover la cooperación que tener que dar solamente uno o dos, muy importantes. Al descomponer la interacción en muchas etapas se promueve la estabilidad de la cooperación, porque las ganancias que produciría el hacer trampa en la jugada en curso revistan mucha menor importancia en comparación con las ganancias de la cooperación mutua potencial en jugadas posteriores.

El principio de descomposición es ampliamente utilizado. Tras la guerra de 1973, Henry Kissinger organizó por etapas la retirada israelí del Sinaí, coordinadas con movimientos por parte egipcia, tendentes a una normalización de relaciones con Israel. Las empresas prefieren ir pagando y cobrando por fases los encargos grandes, conforme se van produciendo las entregas, en lugar de esperar a que se acumule una gran suma al final. El asegurarse de que la defección en la jugada en curso no resulte excesivamente tentadora en relación con la futura evolución de la interacción es una buena forma de promover la cooperación. Otra forma consiste en modificar los propios valores de los pagos.

2. *Cambiar los pagos*

Una reacción corriente en quienes se encuentran atrapados en un Dilema del Prisionero es: «tendría que haber leyes que impidieran estas cosas». En realidad, una de las funciones primordiales del gobierno es dar vías de salida al Dilema del Prisionero, es decir, garantizar que aun cuando los individuos no tengan razones de tipo particular para cooperar, se vean obligados a adoptar actitudes socialmente útiles. Se aprueban leyes que obligan a los contribuyentes a pagar sus impuestos, a no robar y a hacer honor a sus contratos con extraños. Cada una de estas actividades podría ser considerada como un gigantesco

Dilema, con muchos jugadores. Nadie quiere pagar impuestos, pues los beneficios son muy difusos, y los costos muy directos. Pero todos saldríamos mejor parados si todos tuvieran que pagar, a fin de poder compartir todos los beneficios que reportan escuelas, carreteras y demás bienes colectivos (Shelling). De hecho, a esto aludía Rousseau cuando decía que el papel del gobierno es asegurar que cada ciudadano «será obligado a ser libre» (Rousseau, 1762/1950, p. 18).

Lo que hacen los gobiernos es modificar los pagos efectivos percibidos por los jugadores. Si uno no paga sus impuestos ha de afrontar el riesgo de ser descubierto y enviado a la cárcel. Semejante perspectiva hace menos atractiva la decisión de no cooperar. Hasta las organizaciones «cuasigubernamentales» pueden imponer el cumplimiento de sus normas cambiando los pagos a recibir por los jugadores. Por ejemplo, en la primitiva versión del Dilema del Prisionero intervenían dos cómplices, que eran detenidos e interrogados por separado. Pero si pertenecieran a una banda organizada, podrían esperar con fundamento ser castigados en caso de irse de la lengua. Ello podría disminuir tanto los pagos por traicionar a su cómplice, que ninguno de los dos estaría dispuesto a confesar, imponiéndoseles a ambos una pena relativamente leve, fruto de la mutua cooperación por guardar silencio.

Cuando la estructura de los pagos experimenta grandes cambios, la interacción puede quedar tan transformada que ni siquiera sea un Dilema del Prisionero. Si el castigo de la defección es tan grande que la mejor decisión a corto plazo es la de cooperar independientemente de lo que haga el otro jugador, el Dilema desaparece. No es preciso, empero, que para ser eficaz, haya de ser tan drástica la transformación de los pagos. Incluso una transformación relativamente pequeña de los pagos puede contribuir a hacer estable la cooperación basada en la reciprocidad, a pesar de que la interacción siga siendo todavía un Dilema del Prisionero. El motivo es que las condiciones para la estabilidad de la cooperación se reflejan en las relaciones entre el parámetro de actualización, W, y los cuatro parámetros de resultados T, R, I y P [3]. Lo que se requiere es que W sea lo suficientemente grande con relación a estos pagos. Si los pagos cambian, la situación pue-

[3] La Proposición 2 da la relación necesaria entre los parámetros para lograr la estabilidad. Un método diferente consistiría en minimizar el conflicto de intereses en la propia matriz de pagos. Para lograrlo, el objetivo consistiría en rebajar T y P, y en aumentar R e I. (Rapoport y Chammah 1065, pp. 35-38; Axelrod 1970. pp. 65-70).

de cambiar, y ser la cooperación estable donde antes no lo era. Así pues, para promover la cooperación mediante la modificación de los pagos no es necesario llegar a eliminar la tensión entre el incentivo para la no cooperación a breve plazo y el incentivo a mayor plazo que supone la mutua cooperación. Tan solo es necesario hacer que el incentivo por cooperación a la larga sea mayor que el incentivo de defección a corto plazo.

3. *Enseñar a la gente a preocuparse unos por otros*

Un excelente método de promover la cooperación en una sociedad consiste en enseñar a la gente a preocuparse por el bienestar de los demás. Padres y profesores dedican un tremendo esfuerzo a enseñar a los jóvenes a valorar la felicidad de los demás. Expresado mediante teoría de juegos, lo que ello significa es que los adultos tratan de conformar los valores de los niños de modo tal que las preferencias de los nuevos ciudadanos no sólo se refieran a su propio bienestar personal, sino también al bienestar de los demás, hasta cierto punto cuando menos. Sin duda alguna, una sociedad formada por individuos así logrará con mucha mayor facilidad la cooperación entre sus miembros, incluso cuando se vean atrapados en un Dilema del Prisionero iterativo.

El hecho de que la utilidad de una persona quede positivamente afectada por el bienestar de otra puede ser correctamente bautizado con el nombre del altruismo [4]. Así pues, el altruismo es un buen mo-

[4] En las ciencias sociales, el altruismo ha suscitado una extensa literatura. En los asuntos públicos, es frecuente que las personas den muestras de responsabilidad social, como, por ejemplo, en la recuperación de botellas usadas (Tucker 1978), o la donación altruista de sangre (Titmuss 1971). En realidad, tan difícil resulta de explicar el altruismo en los problemas públicos, que un especialista en ciencias políticas (Margolis 1982) ha sugerido que la gente podría tener una función de utilidad para sus asuntos particulares, y otra para los públicos. Existe interés entre los economistas por dar explicación a estas acciones aparentemente altruistas, y por construir modelos de los efectos del altruismo (eg, Becker 1976; Kurz 1977; Hirsleifer 1977 y Wintrobe 1981). Entre los psicólogos, las raíces del altruismo han sido investigadas experimentalmente. (Puede verse una recensión en Schwartz 1977.) Los especialistas en teoría de juegos han estudiado las consecuencias teóricas de la interacción utilitaria (eg Valvanis 1958 y Fitzgerald 1975). Los juristas han estudiado también las condiciones en las que existe auténtica obligación legal de ayudar a quienes se encuentren en dificultades (Landes y Posner 1978 *a* y 1978 *b*).

tivo para ponerse en acción. No obstante, es preciso reconocer que ciertos tipos de conducta, en apariencia generosos, pueden tener sus motivos en razones nada altruistas. Por ejemplo, no pocas veces las donaciones de caridad se hacen pensando menos en el bienestar de los desventurados que en la aprobación social que el donante espera que le proporcione. Tanto en las sociedades tradicionales como en las modernas, los regalos suelen considerarse parte de un proceso de TOMA y DACA. Muchas veces, el motivo es más el crear una obligación en quien los recibe que mejorar su bienestar (Blau, 1968).

Desde el punto de vista de la genética de la evolución biológica, el altruismo puede mantenerse de modo sostenido entre individuos emparentados. La madre que arriesga su vida para salvar a varios de sus hijos puede aumentar la probabilidad de que lleguen a sobrevivir copias de sus genes. Tal es el fundamento de la teoría del parentesco genético, que fue discutida en el Capítulo 5.

También puede mantenerse el altruismo entre personas merced a la socialización. Pero se plantea un serio problema. Un individuo egoísta puede recibir los beneficios del altruismo de otro, y no sacrificar la parte de su bienestar necesaria para devolver el favor. Todos hemos conocido «niños mimados», personas que esperan que los demás sean considerados y generosos con ellos, pero que no tienen en cuenta las necesidades de nadie, más que las de sí mismos. A tales personas es preciso tratarlas de distinto modo que a las personas más consideradas, so pena de ser miserablemente explotados por ellas. Tal razonamiento sugiere que los costos del altruismo pueden ser controlados, siendo uno al principio altruista con todos, y a partir de ahí, solamente con quienes muestren sentimientos similares. Lo cual nos lleva inmediatamente a la reciprocidad como fundamento de la cooperación.

4. *Enseñar la reciprocidad*

Concedamos que la estrategia de TOMA y DACA les resulte eficaz a los egoístas, pero, ¿es moralmente aceptable que la empleen personas o países? La respuesta, como es obvio, dependerá de los criterios morales de cada cual. Seguramente la norma moral más aceptada sea la Regla Aurea: *haz a los demás como quieras que hagan contigo*. En el contexto del Dilema, esa regla parece implicar que uno debería cooperar siempre, pues justamente eso es lo que uno desea que haga el

otro jugador. Tal interpretación sugiere que, desde el punto de vista de la conducta moral, la estrategia óptima es la cooperación incondicional, y no la de TOMA y DACA.

Lo malo de tal planteamiento es que le da al otro jugador un incentivo para explotarnos. La cooperación incondicional no sólo puede causarnos daño a nosotros, sino también a otros espectadores inocentes, con los cuales van a interactuar más tarde los explotadores prósperos. La cooperación incondicional tiende a «malcriar» al otro jugador; deja sobre el resto de la comunidad la carga de reformar al malcriado; ello hace pensar que la moralidad queda más sólidamente fundada sobre la reciprocidad que sobre la cooperación incondicional. La Regla Aurea aconsejaría la cooperación incondicional, pues lo que realmente desearíamos nosotros es que el otro jugador nos dejara cometer, impunemente, unas cuantas defecciones.

Y no obstante, el basar una estrategia en la reciprocidad no parece tampoco ser el súmum de la moralidad; al menos, no según las enseñanzas intuitivas que nos da la vida cotidiana. Desde luego, el principio de la reciprocidad no es la base sobre la que fundar una vida con aspiraciones espirituales. Es, empero, más justa que la moralidad del egoísmo. En realidad, no solamente sirve para ayudarse a uno mismo, sino también a otros. Ayuda a otros haciendo que a las estrategias explotadoras les resulte difícil sobrevivir. Y no solamente ayuda a los demás, sino que no pide para uno mismo más de lo que está dispuesta a conceder a otros. Una estrategia basada en la reciprocidad puede permitir al otro jugador lograr la recompensa correspondiente a la mutua cooperación, que es la misma remuneración que logra para sí mismo cuando ambas estrategias lo hacen lo mejor posible.

Una de las propiedades fundamentales de muchas de las reglas basadas en la reciprocidad es su insistencia en no exigir para sí más de lo que es equitativo. Esta propiedad se ve perfectamente en la actuación de TOMA Y DACA en los Dilemas del torneo. TOMA Y DACA ganó en las dos vueltas del torneo, ¡pero nunca, en ninguna partida, llegó a puntuar más alto que el otro jugador! y, en realidad, en ninguna partida puede puntuar más que el otro, pues siempre permite al otro jugador dejar de cooperar primero, y nunca podrá defraudar más veces que lo haga el otro. TOMA Y DACA logra buenos resultados, pero no lo hace explotando las debilidades del otro, sino promoviendo el interés mutuo. Realmente, una persona de conducta moral no podría hacer mucho más.

Lo que da a TOMA Y DACA su sabor ligeramente repulsivo es que insista en cobrar golpe por golpe. En efecto, es una forma de justicia muy ruda. Pero la cuestión fundamental es la de si existen mejores alternativas. Cuando la gente puede confiar en que una autoridad central obligue a cumplir las normas de la comunidad, sí las hay. El correctivo puede ser adecuado al delito, sin tener que ser tan doloroso como lo fue el propio delito. Cuando no existe una autoridad central capaz de hacer cumplir sus normas, los jugadores tan sólo pueden depender de sí mismos para darse unos a otros los incentivos necesarios para que se produzca la cooperación, y no la defección. En tal caso, la verdadera cuestión estriba en determinar la forma exacta que deben adoptar estos acicates.

Lo malo de TOMA Y DACA es que una vez que se inicia una lucha encarnizada entre dos bandos, la querella puede proseguir indefinidamente. En efecto, muchas de las luchas entre clanes parecen tener exactamente esta propiedad. Por ejemplo, en Albania y en el Oriente Medio ocurre no pocas veces que una de estas luchas entre familias se prolongue durante decenios, al ser cada injuria devuelta en la misma moneda, y ser cada acto de represalia el comienzo del siguiente ciclo. Las injurias pueden ir reverberando hacia adelante y atrás, hasta que la querella inicial queda perdida en el pasado lejano (Black-Michaud, 1975). Es este uno de los problemas más serios de que adolece TOMA Y DACA. Una estrategia superior podría consistir en devolver tan sólo nueve décimas parte de golpe por cada golpe recibido. Ello contribuiría a amortiguar el «efecto de eco» en el conflicto y, no obstante, seguir dando al otro jugador un incentivo para no ensayar defecciones gratuitas. Seguiría siendo una estrategia basada en la reciprocidad, pero más indulgente que TOMA Y DACA. Sigue siendo una forma muy dura de justicia, pero tiene el mérito de promover, en un mundo de egoístas no sujetos a una autoridad central, no sólo su propio bienestar, sino también el bienestar de otros.

En realidad, una comunidad que aplique estrategias fundadas en la reciprocidad puede ser capaz de velar por sí misma y por su orden interno. Al garantizar el castigo de cualquier individuo cuya conducta sea menos que cooperativa, la estrategia desviacionista no es rentable. Así pues, el desviacionista no prosperará, y no será un modelo atractivo a imitar por otros.

Esta característica de ser capaz de velar por uno mismo nos da un incentivo adicional, de carácter particular, para enseñarla a otros, incluso a aquéllos con quienes no vamos a interactuar nunca. Como es

natural, desearemos enseñar a practicar la reciprocidad a quienes van a interactuar con nosotros, a fin de que podamos construir una relación mutuamente remuneradora. Pero nosotros tendremos también una ventaja de carácter particular si hay otras personas que apliquen el principio de reciprocidad, incluso aunque nunca vayamos a interactuar con ellas: esta conducta del otro ayuda a mantener el orden en toda la comunidad, por castigar a quienes tratan de ser explotadores. Esto hace disminuir el número de individuos no cooperantes con quienes tendremos que tratar en el futuro.

Así pues, la enseñanza de estrategias cumplidoras basadas en la reciprocidad ayuda al alumno, ayuda a la comunidad, e indirectamente, puede ayudar al maestro. No es extraño que un especilista en psicología didáctica, tras enterarse de las virtudes de TOMA Y DACA, recomendase la enseñanza de la reciprocidad en las escuelas (Calfee, 1981; p. 38).

5. *Mejorar la capacidad de reconocimiento*

La capacidad de reconocer al otro jugador y de recordar su identidad merced a interacciones pasadas, así como la de recordar los rasgos más destacados de tales interacciones son necesarias para mantener la cooperación. De no ser por ellas, los jugadores no podrían valerse de ninguna forma de reciprocidad, y por consiguiente, no podrían animar al otro a cooperar.

En realidad, el alcance de la cooperación que puede mantenerse depende de estas facultades. Vemos con la mayor claridad esta dependencia en la serie de ilustraciones de carácter biológico que expusimos en el Capítulo 5. Las bacterias, por ejemplo, se encuentran casi al pie de la escala evolutiva, y tienen una capacidad muy reducida para reconocer a otros organismos. Por consiguiente, han de sustituir el reconocimiento por otro sistema más simple: la relación exclusiva con otro único jugador (el hospedador). De esta forma, cualesquiera cambios que se produzcan en el ambiente de la bacteria pueden serle achacados a ese otro jugador [5]. Las aves tienen mayor

[5] Análogamente, las bacterias no podrían emprender complejas acciones de procesamiento de la información relativa al desarrollo del juego hasta el momento, pero es de presumir que sí podrían reaccionar antes características sencillas del pasado, por ejemplo, si el ambiente les ha sido más benigno recientemente.

capacidad de discriminación, pues pueden distinguir por sus cantos a cierto número de aves vecinas. Tal capacidad de diferenciación les permite establecer relaciones de cooperación (o, cuando menos, evitar relaciones conflictivas) con varias otras aves. Y como ya se examinó en el Capítulo 5, los humanos han desarrollado sus facultades de reconocimiento hasta el extremo de haberse reservado en sus cerebros una región especializada en el reconocimiento de rostros. La mayor capacidad para reconocer individuos con los cuales se ha interaccionado permite a los humanos desarrollar un conjunto mucho más rico de relaciones de cooperación de lo que puedan llegar a hacer los pájaros.

Y no obstante, incluso en los asuntos humanos, los factores limitantes del alcance de la cooperación son debidos, muchas veces, a la incapacidad para reconocer la identidad o las acciones de los demás jugadores. Este problema se plantea con especial agudeza en lo tocante a la consecución de un control internacional efectivo de las armas nucleares. Aquí la dificultad es la verificación: poder conocer con un grado de confianza adecuado lo que verdaderamente ha hecho el otro jugador. Por ejemplo, hasta ahora ha sido imposible lograr un acuerdo que prohiba toda clase de ensayos nucleares a causa de las dificultades técnicas para distinguir explosiones de terremotos, dificultad que ahora ha sido superada en gran parte (Sykes y Everden, 1982).

Aunque no sea el único requisito necesario para que aflore y prospere la cooperación, sí tiene gran importancia la capacidad de reconocer la defección cuando llega a producirse. Así pues, el alcance de la cooperación que es posible mantener puede ser ampliado por cualesquiera mejoras de la capacidad de los jugadores para reconocerse unos a otros por su pasada interacción, y a tener confianza en las acciones previas que realmente se han producido. Este capítulo ha mostrado que la cooperación entre las personas puede ser promovida también por una diversidad de otras técnicas, entre las que se cuentan la magnificación de la sombra proyectada por el futuro, el cambio de las remuneraciones de los jugadores, el enseñar a la gente a preocuparse por el bienestar de otros y enseñar el valor de la reciprocidad. La promoción de buenos resultados no es tan sólo cuestión de aleccionar a los jugadores sobre el hecho de que se puede ganar más de la mutua cooperación que da la mutua defección. Es también cuestión de conformar las características de la interacción de modo que a la larga pueda producirse una evolución estable de la cooperación.

Quinta parte

CONCLUSIONES

Capítulo VIII
LA ESTRUCTURA SOCIAL DE LA COOPERACION

Al examinar cómo pudo haberse iniciado la evolución de la cooperación, se vio que era necesario un cierto grado de organización social. En particular, se demostró en el Capítulo 3 que una población de malvados que defraudaran en todos los casos no podría ser invadida por un único individuo que utilizase una estrategia decente, como TOMA Y DACA. Pero si los invasores tuvieran aunque no fuera sino un pequeño grado de organización social, las cosas podrían ser muy distintas. En el caso de que llegasen apiñados, de modo que una cierta proporción de sus interacciones —incluso pequeña— lo fuera con otros del mismo grupo, entonces podrían invadir a la población de malvados.

En este capítulo se exploran las consecuencias de formas adicionales de estructura social. Examinaremos en él cuatro factores que pueden suscitar tipos interesantes de estructura social: las etiquetas, la reputación, la normativa y la territorialidad. Las etiquetas son características fijas de los jugadores, como el sexo o el color de la piel, observables por el otro jugador. Las etiquetas pueden dar lugar a estereotipos estables y a la aparición de jerarquías de «status», o de posición social. La reputación que puedan adquirir los jugadores es maleable, y surge cuando otro jugador dispone de información con-

cerniente a la estrategia que el primero ha utilizado con otros jugadores. Las reputaciones son la causa de una variedad de fenómenos, entre los que destacan los incentivos para adquirir reputación de abusón y pendenciero, así como los incentivos para disuadir a otros de serlo. La relación normativa, o mediante legislación, es el tipo de relación que media entre un gobierno y sus gobernados. Los gobiernos no pueden hacerse obedecer por puro temor; por el contrario, para gobernar es preciso que logren la voluntaria avenencia de la mayoría de los gobernados. Así pues, la normalización plantea el problema de lo estrictas o laxas que deban ser las normas, y los procedimientos para exigir su cumplimiento. Finalmente, se da la situación de territorialidad cuando los jugadores interactúan con sus vecinos y no sólo con cualquier otro individuo. Al difundirse por una población distintas estrategias, la territorialidad puede dar lugar a pautas de conducta verdaderamente fascinantes.

Etiquetas, estereotipos y jerarquías de status

La forma en que las personas se relacionan entre sí suele venir influida por rasgos observables, como el sexo, la edad, el color de la piel y el estilo indumentario. Estos rasgos hacen que al comenzar un jugador una interacción con un extraño tenga ya la expectativa de que el extraño se comportará de modo análogo a otros que comparten idénticas características observables. Así pues, en principio, estas características pueden permitirle al jugador saber por adelantado cosas útiles relativas a la estrategia del otro jugador, antes incluso de que la interacción comience. Así ocurre porque las características observadas permiten que el individuo sea etiquetado por otros como miembro de un grupo de características similares. Dicho etiquetado, a su vez, permite hacer inferencias relativas al comportamiento de ese individuo.

No es preciso que las expectativas asociadas a una determinada etiqueta hayan de ser aprendidas por experiencia personal y directa. Dichas expectativas pueden haberse formado por experiencias de segunda mano, merced a un proceso de compartir anécdotas. Las interpretaciones que se den a los rasgos característicos podrían haberse formado incluso a través de un proceso genético y de selección natural; v.g., cuando una tortuga tiene que distinguir el sexo de otra tortuga y responder conformemente.

Podemos definir las *etiquetas* como características fijas de un jugador, que son observables por otros jugadores cuando la interacción comienza [1]. Cuando hay etiquetas, una estrategia puede determinar qué opciones elegir basándose no sólo en la historia de la interacción hasta el momento, sino también en la etiqueta que le ha sido asignada al otro jugador.

Una de las consecuencias más interesantes —al tiempo que inquietantes— de las etiquetas es que muchas veces desembocan en la formación de estereotipos autorreforzados. Para ver cómo pueden suceder cosas así, supongamos que todo el mundo vaya marcado con una etiqueta, que puede ser azul o verde. Supongamos además que los individuos de cada grupo sean cumplidores con los individuos de su propio grupo, y malvados con los del otro. Para mayor concreción, supongamos que los miembros de ambos grupos apliquen TOMA Y DACA en un mismo grupo y que no cooperen nunca en los tratos con individuos del otro grupo. Supongamos además que el parámetro de actualización, w, sea lo suficientemente alto como para que TOMA Y DACA sea una estrategia colectivamente estable (de acuerdo con la Proposición 2 del Capítulo 3). En tal caso, lo mejor que puede un único individuo, tanto si es azul como si es verde, es hacer lo que todos estan haciendo, y ser cumplidor con los del propio grupo y mezquino con los miembros del otro grupo.

Tal incentivo significa que los estereotipos pueden ser estables, incluso aunque carezcan totalmente de fundamento objetivo. Los azules tienen a los verdes por malvados, y siempre que se tropiezan con un verde sus creencias se ven confirmadas. Los verdes están convencidos de que serán únicamente los demás verdes quienes devuelvan su cooperación, y su convicción queda confirmada. Quien intente romper con el sistema verá reducida su remuneración, y sus esperanzas condenadas al fracaso. Así pues, es de esperar que quienes se desvíen de la pauta acaben, antes o después, retornando al papel que se espera que asuman. Si nuestra etiqueta dice que somos verdes los demás nos tratarán como verdes, y dado que nos resulta rentable actuar como verdes, estaremos confirmando las expectativas que todos tengan.

Este tipo de estereotipo tiene dos desventuradas consecuencias, evidente la una, más sutil la otra. La consecuencia obvia es que todo

[1] En la terminología de los estudios de mercado, se las denomina «índices» (Spence 1974).

el mundo está logrando peores resultados de los posibles, pues de haber cooperado ambos grupos todos lograrían puntuaciones más elevadas. La otra consecuencia, más sutil, procede de que cualquier disparidad en los números de verdes y azules creará una minoría y una mayoría. En tal caso, aunque ambos grupos padecen las consecuencias de la no cooperación, son los individuos del grupo minoritario quienes sufren más. No es de extrañar que las minorías se refugien en un aislamiento defensivo

Para comprender por qué, supongamos que en una ciudad hay ochenta verdes y veinte azules, y que cada individuo interactúa una vez a la semana con cada uno de los demás. En tal caso, la mayoría de las interacciones de los verdes se producen en el seno de su propio grupo, y por consiguiente desembocan en la mutua cooperación. Para los azules, en cambio, la mayoría de sus interacciones se producen con el otro grupo (los verdes) y por consiguiente acaban sufriendo la penalización por mutua defección. Por consiguiente, la puntuación promedio de los minoritarios azules es menor que la puntuación media de los verdes, mayoritarios. El efecto persistirá incluso aunque en cada grupo haya la tendencia a asociarse solamente con miembros del mismo tipo. El efecto persiste, porque para un cierto número de veces en que uno de los minoritarios azules se encuentre con uno de los mayoritarios verdes, tal número representará una proporción mayor en las interacciones totales de la minoría que en el total de las interacciones de la mayoría (Rytina y Morgan 1982). El resultado es que las etiquetas pueden dar sustento a estereotipos en los que todos sufren; y en los que las minorías sufren más que los demás.

Las etiquetas pueden tener otro efecto. Pueden sustentar jerarquías de status, o de posición social. Por ejemplo, supongamos que todo el mundo tenga una cierta característica, como la estatura, o la fuerza física, o el color de la piel, que sea fácilmente observable, y que permita comparaciones entre dos personas. Para mayor sencillez, imaginemos que no existan valores empatados, y que así, cuando dos personas se encuentran salta a la vista cuál de las dos está más dotada de la característica, y cuál menos. Supongamos ahora que cada individuo sea abusón con quienes se encuentran por debajo de él, y sumiso con quienes se encuentran por encima. ¿Puede ser estable esta estructura social?

Sí, en efecto; he aquí una ilustración. Supongamos que todo el mundo se valga de la siguiente estrategia al encontrarse con alguien situado por debajo de él: ir alternando cooperación y defección hasta

que el otro deje de cooperar tan sólo una vez, y a partir de entonces nunca volver a cooperar. Una conducta tal es abusiva, pues mientras este jugador con frecuencia no coopera, no tolera jamás ni una sola defección por parte del otro. Y supongamos que todo el mundo aplique la siguiente estrategia al encontrarse con alguien situado por encima: cooperar, a menos que el otro deje de hacerlo dos veces seguidas, en cuyo caso no cooperaría nunca más. Se trata de una conducta sumisa, pues se está tolerando ser tomado por «primo» en una jugada sí y otra no, aunque provocable, pues no se tolera sino un cierto grado de explotación.

Tales reglas de conducta establecen una jerarquía de posición social basada en la característica observable. Las personas situadas cerca de la cumbre prosperan, pues desde ella pueden dominar prácticamente a todos. Recíprocamente, quienes se encuentran muy abajo logran muy malos resultados, pues han de mostrarse sumisos con casi todos. Es fácil comprender que los situados en la cúspide estén satisfechos con la estructura social imperante; ahora bien, ¿hay algo que pueda hacer por sí solo un individuo situado muy abajo?

La verdad es que no. La razón es que si el parámetro de actualización es lo suficientemente alto, sería preferible «tragarse uno mismo la medicina» que en una jugada sí y en otra no nos suministra el abusón, que no cooperar y tener que afrontar la defección permanente [2]. Por consiguiente, una persona situada muy abajo en la estructura social se encuenta atrapada. Los resultados que logra son malos, pero serían peores todavía si tratase de resistirse al sistema.

La futilidad de la rebelíon individual es consecuencia de la inmutabilidad de las estrategias de los restantes jugadores. En realidad, la rebelión de un jugador con posición social baja sería dañosa para ambos bandos. Si fuera posible hacer que los jugadores situados en una posición elevada cambiasen de conducta al presionarles, este hecho podría ser tenido en cuenta por los jugadores situados a niveles bajos que estuvieran considerando la posibilidad de rebelarse. Pero tal consideración llevaría a los jugadores de nivel superior a velar por su re-

---

[2] La sumisión proporciona $I + WR + W^2I + W^3R... = (I + WR)/(1 - W^2)$. Si uno se rebela, es como si defraudase sistemática e indefinidamente, lo que da $P + WP + W^2P + W^3P... = (P WP)/(1 - W^2)$. Por consiguiente, no existe incentivo para la rebelión cuando $(I + WR)/(1 - W^2) > (P + WP)/(1 - W^2)$. Así sucede cuando $S + WR' > P + WP$, o sea, $W > (P - S)/(R - P)$. En resumen, cuando W es lo suficientemente grande, no existe incentivo para la rebelión. En los casos ilustrativos de que $I = O$, $P = 1$, y $R = 3$, la no rebelión no compensa cuando W sea mayor que 1/2.

putación de firmeza. Para estudiar este tipo de fenómenos es preciso echar una ojeada a la dinámica de las reputaciones.

Reputación y disuasión

La reputación de un jugador toma cuerpo en las convicciones que los demás tengan al respecto de la estrategia que ese jugador va a aplicar. La forma típica de crear una reputación consiste en observar el proceder de ese jugador en sus interacciones con los demás. Por ejemplo, sin duda la reputación de provocabilidad del Reino Unido quedó reforzada por su decisión de recuperar las Islas Malvinas, tras haber sido invadidas por Argentina. Otras naciones pudieron observar las decisiones de los británicos e inferir cómo podría el Reino Unido reaccionar ante acciones futuras propias. Especial importancia tendrían las inferencias de los españoles al respecto del compromiso británico en Gibraltar, y las de los chinos al respecto de la permanencia de los ingleses en Hong Kong. Cuestión distinta es si tales inferencias serían correctas. Lo que importa es que cuando hay terceras partes observando, lo que se juega en la interacción presente deja de ser la remuneración inmediata, para incluir también la influencia que la decisión actual vaya a tener sobre las reputaciones de los jugadores.

El conocimiento de las reputaciones de la gente nos permite saber algo acerca de las estrategias que usan, antes incluso de haber tomado nosotros la primera de nuestras decisiones. Tal posibilidad suscita la cuestión de hasta qué punto sería importante conocer con certeza la estrategia que el otro jugador se dispone a utilizar con nosotros. Una forma de medir el valor de una información es calcular cuánto más podríamos lograr nosotros si dispusiéramos de ella, comparado con lo que conseguiríamos si no la tuviéramos (Raiffa 1968). Así pues, cuanto mejor librados podamos salir sin la información tanto menos la necesitamos, y tanto menos valiosa nos es. Por ejemplo, TOMA Y DACA logró buenos resultados en las dos rondas del Torneo Computarizado del Prisionero a pesar de no saber qué estrategia iba a utilizar el otro jugador. El conocimiento de la estrategia del otro tan sólo le hubiera permitido a un jugador lograr resultados notablemente mejores en dos o tres casos. Por ejemplo, si la estrategia del otro jugador fuese la denominada TOMA Y DOS DACAS (que no deja de cooperar hasta que el otro lo haya hecho por dos veces consecutivas), sería posible lograr más de lo que TOMA Y DACA obtuvo,

a base de ir alternando cooperación y defección. Ahora bien, en ninguna de las dos rondas del torneo hubo muchas estrategias explotables, y por consiguiente, el conocimiento anticipado de la estrategia del otro no nos permitiría, en realidad, lograr resultados verdaderamente superiores a los de la estrategia «universal» TOMA Y DACA. Más todavía, lo exiguo de las ganancias que produciría el conocimiento de la estrategia del otro nos da otra medida de la robustez de TOMA Y DACA.

Podemos invertir la cuestión relativa al valor de la información: ¿qué valor (o costo) representa para nosotros el hacer que los demás jugadores conozcan nuestra estrategia? Como es obvio, la respuesta depende de cuál sea, exactamente, la estrategia que estemos utilizando. Si estamos aplicando una estrategia explotable, como lo es TOMA Y DOS DACAS, tal costo puede ser importante. Por otra parte, si para habérselas con la estrategia con la que estamos actuando lo que más conviene es cooperar, nos alegraría que nuestra estrategia fuese conocida por el otro jugador. Por ejemplo, en el caso de que la estrategia que estuviéramos utilizando fuese la de TOMA Y DACA, sin duda nos alegraría que el otro jugador apreciase tal hecho y adaptase su conducta a él, supuesto, claro está, que la sombra del futuro sea lo suficientemente grande como para que la respuesta óptima sea una estrategia cumplidora. En efecto, como ya se ha dicho, una de las ventajas de TOMA Y DACA es lo fácil que resulta reconocerla en el desarrollo de un juego, incluso aunque el jugador que la esté utilizando no tenga establecida todavía una reputación.

Aunque tener una reputación sólidamente establecida de actuar de acuerdo con la estrategia de TOMA Y DACA no le sea desventajoso al jugador, la verdad es que la reputación que más rentable le resulta es la de abusón. Y el tipo de abusón por el que más conviene ser tomado es el reputado de exprimir al máximo al otro jugador, sin tolerar por parte de éste ni la más mínima defección. La forma de exprimir al máximo al otro jugador consiste en no cooperar con la frecuencia justa como para que el otro a duras penas prefiera cooperar siempre, en vez de nunca hacerlo. Y la mejor forma de estimular al otro a cooperar es tener la fama de nunca jamás volver a cooperar si el otro no lo hace, aunque sólo sea una vez.

Por fortuna, no es fácil crearse la reputación de abusón. Para llegar a ser conocido como abusón es necesario no cooperar con frecuencia, lo cual supone provocar al otro a tomar represalias. Así pues, en tanto no logremos tener bien establecida nuestra reputación es pro-

bable que nos enzarcemos en un sinfín de pruebas de fuerza, muy poco remuneradoras. Por ejemplo, si el otro jugador no coopera aunque sólo sea una vez, nos encontramos en la zozobra de tener que decidir entre actuar con toda la dureza que la reputación que queremos forjarnos exigiría y restaurar relaciones amistosas en la interacción en curso.

Lo que aún hace más oscuro el panorama es que el otro jugador puede estar intentando también crearse una reputación, y por ese motivo, mostrarse intolerante con las defecciones que nosotros practicamos para labrarnos la nuestra. Cuando dos jugadores están cada uno esforzándose por crearse sendas reputaciones, es fácil ver que sus propias interacciones pueden entrar en barrena, y convertirse en una larga serie de castigos recíprocos.

Por otra parte, cada bando tiene un incentivo para fingir no darse cuenta de lo que el otro está intentando hacer. Ambos bandos desean dar la impresión de ser imposibles de domeñar, a fin de que el otro deje de intentar abusar de ellos.

El campeonato del Dilema del Prisionero sugiere que una posible forma de parecer indomeñable es hacer que el jugador aplique la estrategia de TOMA Y DACA. La manifiesta simplicidad de la estrategia hace sencillo afirmarla como norma fija de comportamiento. Y por lo fácil que resulta el reconocerla, al otro jugador le es difícil sostener que la ignora. La aplicación de TOMA Y DACA proporciona un método sencillo de mantenerse firme y dejar que sea el otro jugador quien se adapte a nuestra estrategia; que se niegue a dejarse abusar, pero que por su parte no abuse nunca. Si el otro jugador se adapta a ella, el resultado es la cooperación mutua. De este modo, merced a una reputación se logra disuadir al otro de que no coopere.

Una de las finalidades perseguidas al tratar de crearnos una reputación es la de lograr disuadir al otro por medio de amenazas verosímiles. Al amenazar tratamos de comprometernos a dar respuestas, llegado el caso, que en realidad no desearíamos tener que dar. Los Estados Unidos disuaden a la Unión Soviética de apoderarse de Berlín Oeste mostrándose decididos a desencadenar una gran guerra si tal ocupación se produjese. Para que tal amenaza tenga verosimilitud, los Estados Unidos se esfuerzan en establecer para sí la reputación de país que verdaderamente cumple sus amenazas, a pesar de lo costoso que ello puede resultar a corto plazo.

Tal fue el significado que para el gobierno norteamericano tenía la guerra del Vietnam cuando en 1965 tomó la decisión de lanzar a

ella grandes fuerzas de combate. La dominancia del deseo de mantener una reputación quedaba claramente expresada en un memorial dirigido al Secretario de Defensa Robert McNamara por su Secretario Adjunto para asuntos internacionales, John McNaughton, al definir los objetivos estadounidenses en Vietnam del Sur:

Objetivos de los EE.UU.:

70 por ciento: evitar una humillante derrota de los EE. UU. (que dañaría nuestra reputación como garantes).

20 por ciento: evitar que los chinos pongan las manos en el territorio de Vietnam del Sur (y países adyacentes).

10 por ciento: permitir que el pueblo del Vietnam del Sur disfrute de formas de vida más libres y mejores. (Citado por Sheenan y Kenworthy 1971, p. 432.)

Una reputación de dureza no sólo es importante para lograr disuadir a otras potencias en problemas de política internacional, sino también en muchas de las funciones del gobierno en materias de política interior. Aunque este libro se propone fundamentalmente examinar situaciones donde no existe una autoridad central, el marco en que se desarrolla es válido, en realidad, para muchas situaciones donde sí interviene una autoridad. La razón es que ni siquiera los gobiernos más eficaces pueden dar por segura la colaboración y obediencia de los ciudadanos a ellos sujetos. En lugar de eso, los gobiernos mantienen con los gobernados interacciones de carácter estratégico, que con mucha frecuencia adoptan la forma de Dilemas del Prisionero iterativos.

El gobierno y los gobernados

Los gobiernos tienen que disuadir a los ciudadanos para que no infrinjan las leyes. Para recaudar eficazmente los impuestos, pongamos por caso, los gobiernos tienen que esforzarse en mantener la reputación de que persiguen y logran castigar la evasión fiscal. Con mucha frecuencia, los recursos que la administración fiscal tiene que dedicar a la investigación y procesamiento de los evasores son muy superiores a los que puede recaudar por las sanciones que logra imponerles. Como es obvio, el propósito del gobierno es mantener la reputación

de que es capaz de descubrir y procesar a los infractores, buscando así disuadir a quienes estén pensando en defraudar a Hacienda en el futuro. Y lo dicho para la evasión fiscal vale para otras muchas formas de actuación política: la clave para obtener de los ciudadanos obediencia y respeto a las leyes reside en que el gobierno esté dispuesto a dedicar al sostenimiento de su reputación de firmeza recursos desproporcionadamente grandes, comparados con las posibles ganancias en juego en cada ocasión concreta.

En el caso de un gobierno y de sus ciudadanos, la estructura social tiene un único actor central, y muchos actores periféricos. Se da una estructura social semejante en el caso de un monopolio que trate de disuadir a terceros para que no compitan en el mercado controlado por él. Otro ejemplo: un imperio que trata de disuadir la rebelión de sus provincias. En todos los casos, el problema consiste en impedir los desafíos, cuidando de mantener una reputación de firmeza al resolverlos. Y el mantenimiento de esa reputación podría muy bien exigir tener que afrontar un determinado reto con una dureza totalmente desproporcionada al valor de lo que se juega en este lance particular.

Ni aún el más poderoso de los gobiernos podría hacer cumplir cualquier norma que se le antojase. Un gobierno no puede ser eficaz si no logra provocar en la mayoría de los gobernados una conducta obediente, lo cual exige establecer y hacer cumplir las normas de modo que casi siempre les resulte conveniente cumplirlas a la mayoría de los gobernados. Tenemos un ejemplo de este problema fundamental en la regulación de la contaminación industrial.

Según el modelo concebido por Scholz (1983), el organismo regulador gubernamental y la compañía objeto de regulación se encuentran enzarzados en un Dilema del Prisionero iterativo. En cada punto concreto, las opciones de la compañía son cumplir voluntariamente la legislación, o infringirla. Para el organismo oficial, las opciones son hacer cumplir la normativa de un modo gradual y flexible, o exigir coercitivamente su cumplimiento.

Si el organismo oficial se muestra flexible y si la compañía se aviene de buen grado a cumplir la normativa, ambas partes se benefician de su mutua cooperación. El organismo oficial se beneficia de la obediencia de la compañía y ésta, de las facilidades que le da la Administración. Ambas partes se ahorran litigios costosos y procedimientos de ejecución por vía judicial. También la sociedad en su conjunto sale ganando, por lograr la obediencia plena con un costo bajo para

su economía. Pero si la compañía no cumple la normativa, y el organismo oficial que entiende en el caso recurre a la vía coercitiva, ambas partes sufren como penalización las costas del enfrentamiento jurídico consiguiente. La compañía se encuentra incentivada para la infracción si el organismo oficial practica una política de tolerancia, con pocas probabilidades de que llegue a castigar la infracción. Y por su parte, el organismo oficial siente la tentación de exigir un cumplimiento estricto de todas sus normas, incluso a aquellas compañías bien dispuestas a obedecer, buscando el beneficio y prestigio que le supondría el hacer cumplir hasta las normas menos razonables, por costosas que fuesen para la compañía.

El organismo oficial podría adoptar una estrategia como la de TOMA Y DACA, que daría a la compañía motivos para obedecer voluntariamente y evitarse de este modo las represalias que supondría una política de cumplimiento coercitivo. Determinando convenientemente los parámetros de pagos y el de actualización, la relación entre regulador y regulado podría ser la socialmente beneficiosa, a saber, cumplimiento voluntario y sistemático de la normativa y flexibilidad por parte de la Administración al exigirla.

El modelo de Scholz, que se propone describir la interacción entre el gobierno y los gobernados introduce un elemento nuevo: la facultad del gobierno para determinar cuán estrictas han de ser sus normas. Así, por ejemplo, si la normativa sobre contaminación fuese muy estricta y costosa, la tentación de las compañías industriales para infringirla sería muy grande. Por otra parte, establecer una normativa muy indulgente supondría tener que tolerar mayor contaminación y disminuir innecesariamente la remuneración por mutua cooperación que la Administración podría lograr merced al voluntario cumplimiento de sus normas. La clave consiste en fijar la severidad de la norma a un nivel suficientemente alto como para lograr casi todos los beneficios sociales que la regulación conlleva, pero no tanto que impida la evolución de una norma estable de cumplimiento voluntario de las disposiciones oficiales por parte de casi todas las compañías.

Además de fijar normas y de hacerlas cumplir, es frecuente que los gobiernos hayan de dirimir los conflictos entre particulares. Tenemos un buen ejemplo en los casos de divorcio, cuando el tribunal otorga la custodia de los hijos a uno de los padres, e impone al otro la obligación de contribuir con aportaciones regulares al mantenimiento de los hijos. Tales convenios son notorios por lo poco fiable que es el abono de los pagos consiguientes. Por esta causa, se ha pro-

puesto que a las futuras interacciones entre los miembros del disuelto matrimonio se les confiera un carácter de mayor reciprocidad, autorizando al progenitor encargado de los hijos a negar al otro el derecho de visita, si éste se retrasa en efectuar los pagos (Mnookin y Kornhauser, 1979). Tal propuesta podría situar a los padres en un Dilema del Prisionero iterativo, y les permitiría elaborar estrategias basadas en la reciprocidad. Sería de esperar que ello redundara en beneficio de los hijos, al promover una pauta estable de cooperación entre los padres, fundada en una reciprocidad transaccional: regularidad en los pagos contra derechos regulares de visita.

Los gobiernos no sólo mantienen relaciones con sus propios ciudadanos, sino también con otros gobiernos. En ciertos contextos, cada gobierno puede interactuar bilateralmente con algún otro gobierno. Tenemos un ejemplo en el control del comercio internacional. Así, un país puede imponer trabas comerciales a las importaciones procedentes de otro país, por ejemplo, como represalia contra prácticas comerciales desleales. Ahora bien, los gobiernos tienen una interesante característica, que aún no hemos tenido en cuenta, a saber, que están implantados en territorios bien determinados. En un sistema territorial puro, cada jugador tiene solamente unos pocos vecinos, e interactúa solamente con ellos. Las propiedades dinámicas de este tipo de estructura social son el tema de la próxima sección.

Territorialidad

Las naciones, las tribus y los pájaros son otros tantos ejemplos de jugadores que, de ordinario, operan básicamente dentro de unos ciertos territorios. Interactúan mucho más con sus vecinos que con quienes se encuentran alejados. Por lo tanto, los éxitos que alcancen dependen en gran medida de lo prósperas que sean sus interacciones con los vecinos. Ahora bien, los vecinos pueden desempeñar también otra función. Un vecino puede proporcionar un modelo de rol. Cuando alguno de los vecinos prospera, se puede imitar su conducta, de este modo, las estrategias de mayor éxito se pueden ir difundiendo a través de una población, de un vecino a otro.

Cabe imaginar los territorios de dos modos completamente distintos. Uno, geográfico, atendiendo al espacio físico. Por ejemplo, el sistema de vivir y dejar vivir, durante la guerra de trincheras, pudo haberse difundido desde un sector del frente a los contiguos. Otra posible forma de considerar los territorios consiste en atender a un con-

junto de características, lo que define un espacio abstracto. Por ejemplo, una empresa de bebidas refrescantes podría comercializar una con ciertas dósis de azúcar y de cafeina. «Las vecinas» de esta bebida son otras de las exitentes en el mercado que tienen un poco más o un poco menos de azúcar o de cafeína. Análogamente, en unas elecciones, un candidato podría adoptar una determinada postura en un imaginario eje «liberal-conservador», y otra, en el eje «internacionalismo-aislacionismo». Si a las elecciones se presentan muchos candidatos, que rivalizan unos con otros, los «vecinos» del candidato son aquellos que mantienen posturas similares. Los territorios, por consiguiente, pueden ser concebidos como espacios abstractos o como espacios geográficos.

Además de la limitación, hay otro mecanismo merced al cual las estrategias más venturosas pueden difundirse de unos lugares a otros. Se produciría una colonización cuando la ubicación de una estrategia fuese ocupada por descendientes de un vecino más próspero. Ahora bien, ya se difundan las estrategias por colonización o por imitación, la idea es la misma: los vecinos interactúan, y la estrategia de mayor éxito se expande hasta las posiciones fronterizas. Aunque los individuos permanezcan fijos en sus puestos, sus estrategias pueden difundirse.

Antes de que este proceso sea susceptible de análisis es preciso formalizarlo. Con finalidad ilustrativa, imaginemos una estructura territorial sencilla, en la cual la totalidad del territorio está dividido de forma que cada jugador tenga cuatro vecinos, situados uno al norte, otro al sur, y lo mismo al este y al oeste. En cada «generación» cada jugador logra una puntuación de éxito, que se determina como media aritmética de sus rendimientos con sus cuatro vecinos. A continuación, en el caso de que un jugador tenga uno o más vecinos de mayor éxito que él, tal jugador se convierte a la estrategia del más próspero (o elige al azar entre ellos, en caso de empate).

Las estructuras territoriales tienen muchas propiedades interesantes. Una de ellas es que en un estructura territorial, a las estrategias les resulta por lo menos igual de fácil protegerse del asalto de estrategias nuevas como pudiérales serlo en estructuras no territoriales. Para ver lo anterior, es necesario generalizar la noción de estabilidad para incluir los sistemas territoriales. Recordemos del Capítulo 3 que una estrategia puede invadir a otra si puede lograr una puntuación superior a la del promedio de la población de dicho ambiente. En otras palabras, para que un individuo aislado que se vale de una estrategia

nueva pueda invadir una población, el recién llegado tiene que lograr con los nativos más de lo que los nativos logran al interactuar entre sí. La estrategia nativa se considera colectivamente estable cuando ninguna estrategia puede invadirla [3].

Al objeto de generalizar a los sistemas territoriales los conceptos anteriores, supongamos que en uno de los vecindarios de una población, donde todo el mundo está utilizando una estrategia nativa, es introducido un único individuo que aplica una estrategia distinta. Podríamos decir que la nueva estrategia *invade territorialmente* a una estrategia nativa si cada uno de los dominios del territorio va a acabar por convertirse a la nueva estrategia. Y se podría decir entonces que la estrategia nativa es territorialmente estable, cuando no puede ser territorialmente invadida por ninguna estrategia.

Todo lo precedente desemboca en un resultado bastante fuerte: a una estrategia no le es más difícil ser territorialmente estable que ser colectivamente estable. Dicho de otro modo, las condiciones requeridas para que una estrategia pueda rechazar por sí sola el asalto de una invasora no son más estrictas en los sistemas sociales territoriales que en aquellos sistemas sociales donde cada cual tiene las mismas probabilidades de encontrarse con cualquiera de los demás.

PROPOSICION 8: Toda regla colectivamente estable es territorialmente estable.

La demostración de esta proposición arroja algo de luz sobre la dinámica de los sistemas territoriales. Supongamos que haya un sistema territorial en el cual todo el mundo está aplicando una estrategia nativa colectivamente estable, exceptuado un sólo individuo, que está valiéndose de una estrategia nueva. Vemos ilustrada esta situación en la Figura 3. Fijémonos ahora en si alguno de los vecinos del recién llegado podría llegar a tener motivos para convertirse a la estrategia de nuevo. Dado que la estrategia nativa es colectivamente estable, no es posible que un recién llegado rodeado de nativos puntúe tanto como un nativo rodeado de nativos. Ahora bien, cada uno de los vecinos del recién llegado tiene un vecino nativo que está completamente rodeado de otros nativos. Por consiguiente, ninguno de los vecinos del recién llegado creerá que sea este advenedizo el veci-

---

3. La noción de estrategia evolutivamente estable es similar a la de estrategia colectivamente estable, y para reglas decentes, equivalente, como ya se explicó en la primera nota del Capítulo 3.

FIGURA 3
Una porción de una estructura social territorial, con un único mutante

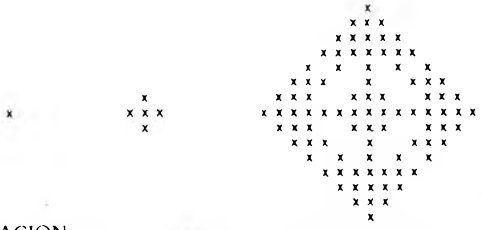
B	B	B	B	B
B	B	B	B	B
B	B	A	B	B
B	B	B	B	B
B	B	B	B	B

no más próspero, y digno por ello de ser imitado. Así pues, la totalidad de los vecinos del advenedizo permanecerán fieles a su estrategia nativa, o lo que es equivalente, se convertirán a la estrategia de uno de sus vecinos nativos. Es decir, la nueva estrategia no puede proliferar en una población de estrategias colectivamente estables, y consiguientemente, una estrategia colectivamente estable es también territorialmente estable.

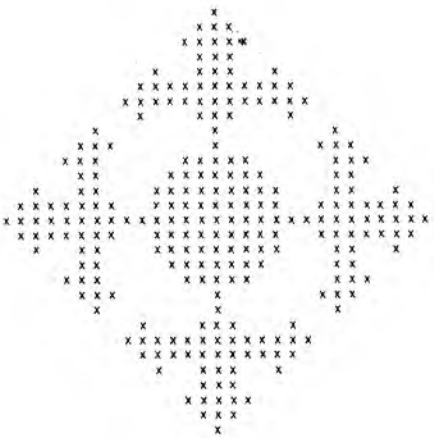
La proposición de que una estrategia colectivamente estable es territorialmente estable, pone de manifiesto que protegerse de la invasión es, al menos, tán fácil en un sistema territorial como en un sistema de libre mezcolanza. De lo cual se deduce que en un sistema territorial, una regla decente puede mantener la cooperación sin tener que exigir más del valor relativo del parámetro de actualización, con relación a los otros parámetros de pago, que lo necesario para hacer que esa regla cumplidora sea colectivamente estable.

Pero ni aun ayudadas de la estructura territorial para mantener la estabilidad se encuentran necesariamente a salvo de la invasión las reglas decentes. En el caso de que la sombra del futuro sea lo suficientemente débil, ninguna estrategia cumplidora logrará resistir la invasión, ni siquiera con la ayuda de la territorialidad. En casos así, la dinámica del proceso de invasión puede a veces ser extraodinariamente intrincada, y muy fascinante de observar. La Figura 4 muestra un ejemplo de una de estas intrincadas pautas. Representa la situación de un único jugador que nunca coopera durante el proceso de invasión de una población territorial de individuos TOMA Y DACA. En este caso, la sombra del futuro se ha hecho bastante pequeña, como refleja el bajo valor del parámetro, $W = 1/3$. Los cuatro parámetros de pago han sido seleccionados de modo que nos den una indicación

FIGURA 4
Expansión de malvados en una población de TOMA Y DACA



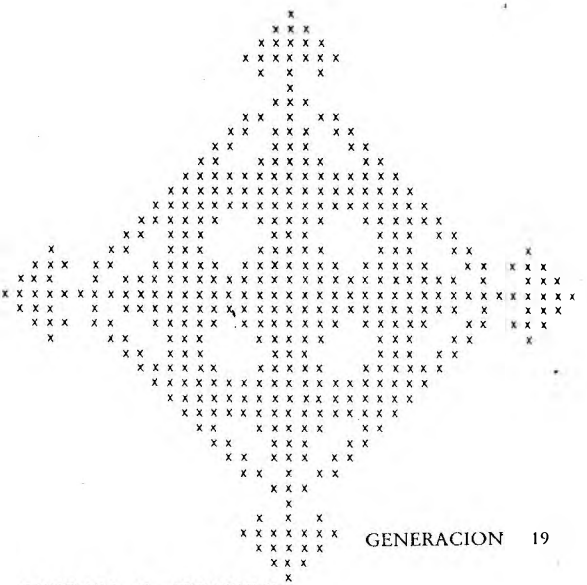
SITUACION INICIAL GENERACIÓN 1 GENERACION 7



GENERACION 14

de las complejas pautas posibles. En este caso, $T = 56$, $R = 29$, $P = 6$, e $I = 0$ [4]. Con estos valores, vemos en la Figura 4 lo que sucede al cabo de una, siete, catorce y diecinueve generaciones. Los mal-

[4]. Con estos valores, y con $W = 1/3$, el sistema territorial da $D_n > T_{n-1} > D_{n-1}$ excepto para $D_3 > T_4$. Aquí D_n denota la puntuación de un SIEMPRE D rodeado por n jugadores TOMA Y DACA, mientras que T_n es la puntuación de un TOMA Y DACA rodeado por n vecinos TOMA Y DACA. Por ejemplo, $D_4 = V$(SIEMPRE D | TOMA Y DACA) $= T + WP/(1 - W) = 56 + (1/3)(6)/(2/3) = 59$.



vados consiguen colonizar la población TOMA Y DACA primitiva, formando fascinantes motivos, con largas fronteras, en cuyo avance han quedado cercados islotes de individuos cooperantes.

Otra posible forma de examinar los efectos de la territorialidad consite en investigar qué sucede cuando los jugadores están utilizando una amplia variedad de estrategias más o menos refinadas. Una forma cómoda de hacerlo consistiría en valernos de las 63 diferentes reglas de que disponíamos para la segunda ronda del Torneo Computarizado. Asignando cada regla a cuatro territorios se tiene el número exacto de jugadores para llenar un espacio de 14 casillas de alto y 18 de ancho. Para garantizar que cada jugador tenga exactamente cuatro vecinos, podemos considerar que los bordes opuestos del rectángulo están pegados entre sí. Por ejemplo, entre los vecinos de un cuadrado situado en la extrema derecha está el situado a la misma altura en la extrema izquierda.

Para ver lo que sucede cuando los jugadores están utilizando toda esta gran variedad de reglas de decisión es suficiente ir simulando el proceso a razón de una generación cada vez. Los resultados del tor-

neo proporcionan la información necesaria para saber qué puntuación lograría cada regla al interactuar con las cuatro reglas que tiene por vecinas. Una vez establecida la puntuación de cada territorio, comienza el proceso de conversión. Cada territorio que tenga vecinos más prósperos se convierte, simplemente, a la regla de mayor éxito.

A fin de asegurar que los resultados no fueran demasiado sensibles a la asignación aleatoria de posiciones iniciales con que se comenzó el proceso, la simulación completa fue repetida 10 veces, con asignaciones aleatorias cada vez. Cada simulación fue realizada generación tras generación, hasta que dejaron de producirse nuevas conversiones. El proceso completo exigió entre 11 y 24 generaciones. En todos los casos, la evolución del proceso se detuvo tras haber quedado eliminadas todas las reglas no cumplidoras. Cuando solamente quedaron reglas cumplidoras, todo el mundo cooperaba con todo el mundo, no pudiendo por tanto producirse nuevas conversiones.

Vemos en la Figura 5 una situación final típica. Esta configuración, estable y típica, presenta cierto número de rasgos muy llamativos. En primer lugar, las estrategias supervivientes están por lo general apiñadas en regiones de tamaño variable. La dispersión

FIGURA 5

Ejemplo de población definitiva en un sistema territorial

6	6	6	1	44	44	44	44	44	6	6	7	7	6	7	6	6	6
6	1	31	1	1	44	44	44	44	3	6	3	6	6	6	6	6	6
6	6	31	31	1	1	1	1	1	1	3	3	3	52	52	6	6	6
6	1	31	31	31	31	31	31	31	31	31	3	3	6	6	6	6	6
6	9	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	3	6	6	6	6	6
6	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	6	6	6	6	6
6	31	31	6	6	9	31	31	6	9	41	31	31	6	6	31	31	6
6	31	31	6	6	9	9	9	6	41	41	31	4	31	31	31	31	6
6	31	31	9	9	9	9	9	6	41	41	41	41	31	31	31	31	31
6	31	6	9	9	9	6	6	6	41	41	41	17	31	31	31	31	31
6	6	9	7	9	9	6	6	6	41	41	41	41	31	31	31	31	7
6	6	7	7	7	6	6	6	9	41	41	7	7	7	7	7	7	6
6	6	7	7	7	6	6	6	6	41	6	7	7	7	7	7	7	6
6	6	7	7	6	6	44	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6	6

Leyenda: En cada posición, los números indican el puesto alcanzado por la estrategia en la segunda ronda del Torneo Computarizado del Prisionero. Por ejemplo, 1 = TOMA Y DACA y 31 = NYDEGGER.

aleatoria con la que comenzó la población ha dado paso, en gran medida, a regiones de reglas idénticas, que a veces se expanden sobre una distancia sustancial. Sin embargo, hay también unas cuantas regiones muy pequeñas, e incluso territorios aislados, que están rodeados por dos o tres regiones diferentes.

Por lo general, las reglas supervivientes fueron las que puntuaron alto en el torneo. TOMA Y DACA, por ejemplo, quedó representada en la población final un promedio de 17 veces, tras haber comenzado en cada pasada con cuatro ejemplares, exactamente. Pero hubo también otras cinco reglas que lograron quedar mejor representadas aún en la población final. La mejor de todas fue una regla enviada por Rudy Nydegger, cuya clasificación en el torneo por liga fue solamente el puesto 36, de entre las 63 presentadas. En el sistema territorial, la regla de Nydegger acabó teniendo 40 seguidores por término medio. Así pues, una regla que solamente acabó a mitad de la tabla de clasificaciones en el torneo, cuando eran «todos contra todos», fue con mucho la de mayor éxito en el sistema territorial bidimensional. ¿Cómo pudo haber sucedido esto?

La estrategia de la regla propiamente dicha es difícil de analizar, porque se basa en un complejo sistema de consultas a una tabla que se vale de los tres resultados anteriores para decidir qué hacer a continuación. No obstante, el rendimiento de la regla puede ser analizado examinando cómo se desenvolvió en realidad con cada una de las reglas que tuvo ocasión de encontrar. Lo mismo que las demás reglas que alcanzaron a sobrevivir, NYDEGGER no es nunca la primera en no cooperar. Pero lo que NYDEGGER tiene de único y característico es que cuando el otro jugador es el primero en no cooperar, NYDEGGER logra a veces hacer «que pida disculpas» tan profusamente, que NYDEGGER acaba mejor librada que si sólo hubiera habido mutua colaboración. Así ocurre con cinco de las veinticuatro reglas que no fueron cumplidoras. En cambio, en el torneo de todos contra todos, ello no basta para lograr muy buenos resultados, pues NYDEGGER suele tener dificultades con los otros jugadores no decentes.

En el sistema territorial las cosas funcionan de otro modo. Al lograr que cinco de las reglas no cumplidoras le pidan disculpas, NYDEGGER logra muchos conversos entre sus vecinos. Cuando una de estas reglas que se disculpan se encuentra próxima a NYDEGGER, si las otras tres vecinas son reglas decentes, es muy probable que NYDEGGER logre más que cualquiera de sus cuatro vecinas, e incluso más que *cualquiera* de sus vecinas. De este modo, no sólo logra convertir

a la regla que se disculpa, sino también a algunas o todas sus vecinas. Así pues, en un sistema social basado en la difusión por imitación, existen grandes ventajas en poder alcanzar éxitos que destaquen, incluso aunque ello suponga que la tasa media de interacciones con éxito no sea sobresaliente. Así sucede porque en las ocasiones en que se logra un éxito muy relevante se logran muchas conversiones. Por ser NYDEGGER una regla cumplidora evita conflictos innecesarios, y continúa prosperando bien, incluso después de que todas las reglas no cumplidoras hayan sido eliminadas. La ventaja que logra NYDEGGER se funda en que mientras que hay cinco reglas que ante ella piden disculpas abyectamente, no hay ninguna otra regla que logre tan profusas disculpas de más de otras dos.

El sistema territorial demuestra muy vívidamente que el modo en que los jugadores interactúan unos con otros puede afectar al curso del proceso evolutivo. Aunque se han estudiado ya, desde el punto de vista evolutivo, cierto número de estructuras, están pendientes de análisis un buen número de otras posibilidades [5]. Cada una de las cin-

---

[5]. He aquí algunas interesantes posibilidades, pendientes de explicación:

1. El punto final de la interacción puede depender de la historia que la interacción haya tenido. Podría, pongamos por caso, depender de lo bien que se estén desenvolviendo los jugadores. Un jugador desventurado tiene mayores probabilidades de morir, quebrar o buscarse otro socio. Una posible consecuencia es que no resultaría rentable explotar a un jugador que no puede vengarse, o no está dispuesto a ello. La razón es que no se debe matar a la gallina de los huevos de oro.

2. El juego no tiene por qué ser un Dilema del Prisionero iterativo. Por ejemplo, podría ser un juego iterado en el cual el peor resultado fuera la defección mutua, como sucede en las huelgas laborales, o en la negociación de crisis internacionales (Jervis 1978). Pueden verse resultados relativos a la evolución de la cooperación en este juego en Maynard Smith (1982) y Lipman (1983). Otra posibilidad es que las cantidades en juego cambien de una jugada a la siguiente (Axelrod 1979). Aún otra es que los jugadores dispongan de más alternativas que la mera opción binaria de cooperación o defección.

3. La interacción podría hacer intervenir a más de dos jugadores cada vez. La provisión de bienes colectivos constituye el caso paradigmático de Dilema *n*-personal del Prisionero (Olson 1965). Entre las aplicaciones se cuenta una amplia diversidad de problemas, en los cuales cada participante tiene un incentivo para «ir de balde», a costa de los esfuerzos de los demás. Entre los ejemplos se cuentan la organización de actividades de cabildeo («lobbying») y la contribución a la seguridad colectiva. Como ha señalado Dawes (1980), el caso *n*-personal es cualitativamente diferente del bipersonal, y ello por tres conceptos. Primero, el daño causado por una defección queda difuminado entre muchos jugadores, y no concentrado en uno sólo. En segundo lugar, en los juegos *n*-personales, la conducta de cada jugador puede quedar anónima.

co estructuras examinadas en este libro revelan diferentes facetas de la evolución de la cooperación:

1. Como tipo de estructura fundamental se utilizó la mezcolanza al azar. Tanto los resultados teóricos como los torneos computarizados mostraron de qué modo es posible que prospere la cooperación basada en la reciprocidad, incluso en situaciones de tan mínima estructura social.

2. Se examinaron los apiñamientos de jugadores, a fin de comprender cómo pudo llegar a iniciarse la cooperación. El apiñamiento permite a los recién llegados tener una cierta probabilidad, aunque sea pequeña, de encontrarse con otro de los recién llegados, y ello a pesar de que el total de recién llegados no sea sino una fracción despreciable del ambiente de la población de nativos. Incluso aunque la mayor parte de las interacciones de los recién llegados se produzcan con nativos no cooperantes, un pequeño grupo apiñado de nativos que actúe sobre el principio de reciprocidad puede lograr invadir a una población de malvados.

3. Se mostró cómo se produce una diferenciación en la población cuando los jugadores disponen, unos acerca de otros, de más información que la contenida en la historia de su propia interacción. Cuando los jugadores portan etiquetas que indican su pertenencia a un determinado grupo, o atributos personales específicos, pueden

---

Tercero, ninguno de los jugadores tiene un control de refuerzo total sobre los otros jugadores, pues los pagos quedan determinados por lo que están haciendo muchos jugadores diferentes. Aunque la bibliografía sobre esta cuestión es enorme, buenos lugares para empezar son Alson (1965), G. Hardin (1968), Schelling (1973), Taylor (1976), Dawes (1980) y R. Hardin (1962).

4. La facultad de los jugadores de discriminar y tomar represalias podría suponerle un costo a cada uno de ellos. Así pues, si casi todos los demás estuvieran utilizando estrategias decentes, podría resultar rentable renunciar a las facultades de discriminación y represalia. Ello podría ayudar a explicar la ocasional atrofia de las facultades de represalia, y podría, por consiguiente, proporcionar una vía de estudio del control de armamentos y desarme, basado en principios evolutivos y no en tratados formales.

5. Los jugadores podrían no tener certeza de cuál ha sido la opción auténtica preferida por el otro jugador en la jugada anterior. Podrían suscitarse dificultades debidas a ruido aleatorio, o a malentendidos sistemáticos (Jervis 1976). A fin de estudiar este fenómeno, se procedió a repetir la primera ronda del torneo, haciendo que en cada jugada hubiera un 1 por ciento de probabilidad de malentendimiento de cual había sido la verdadera jugada del otro en su turno anterior. El resultado volvió a ser la victoria de TOMA Y DACA. Tal resultado indica que TOMA Y DACA es relativamente robusta en condiciones de moderado error de percepción.

desarrollarse estereotipos y jerarquías de posición social (jerarquías de *estatus).* Si los jugadores pueden observar la interacción de otros con terceros, pueden crearse reputaciones; la existencia de reputaciones puede llevar a un mundo caracterizado por los esfuerzos para impedir la aparición de abusones.

4. Se descubrió que los gobiernos tienen sus propios problemas estratégicos, que se concretan en la necesidad de lograr la obediencia de la mayoría de sus ciudadanos. En este caso no se trata solamente de elegir una estrategia eficaz para un caso particular, sino sobre todo, de cómo elegir las normas de modo que la obediencia le resulte a un tiempo atractiva al ciudadano y beneficiosa para la sociedad.

5. Hemos examinado los sistemas territoriales, para ver qué sucedería si los jugadores solamente interactuaran con sus vecinos, e imitasen a aquellos de sus vecinos que tuviesen mayor éxito que ellos. Descubrimos que las interacciones con los vecinos generaban intrincadas pautas de difusión de las estrategias concretas, y que promovían el crecimiento de aquellas estrategias que puntuaban excepcionalmente bien en ciertos contextos, incluso aunque lo hicieran mediocremente en otros.

Capítulo IX
LA ROBUSTEZ DE LA RECIPROCIDAD

La teoría evolucionista se funda en un principio sencillo: lo qué tiene éxito es probable que se dé con mayor frecuencia en el futuro. El mecanismo puede variar. En la evolución darwiniana clásica, el mecanismo es la selección natural basada en una capacidad diferencial de supervivencia y reproducción. En el Congreso estadounidense, el mecanismo puede ser una mayor posibilidad de ser reelegidos aquellos parlamentarios que demuestren su eficacia en promover legislación y servicios para su electorado. En el mundo empresarial, el mecanismo puede consistir en que evitan la bancarrota las compañías prósperas. Pero el mecanismo evolutivo no tiene por qué ser cuestión de vida o muerte. Cuando los jugadores son inteligentes, las estrategias de mayor éxito pueden aparecer cada vez más frecuentemente en el futuro, debido a que otros jugadores se convierten a ellas. La conversión puede consistir en una imitación más o menos ciega de los jugadores prósperos, o puede estar basada en un proceso de aprendizaje mejor o peor informado.

Para el proceso evolutivo se requiere algo más que el mero crecimiento diferencial de los más prósperos. Para llegar lejos se precisa también de una fuente de diversidad, de ensayar cosas nuevas. En la genética biológica, la fuente de tal diversidad es la mutación de los

genes y su barajadura en cada generación. En los procesos sociales, el elemento de variedad puede proceder del término «prueba» en el aprendizaje «por prueba y error». Este tipo de aprendizaje puede ser reflejo, o no serlo, de una gran inteligencia. Tal vez la nueva norma de conducta haya sido adoptada como variante tomada al azar de una regla de conducta anterior; tal vez haya sido construída de forma muy meditada, fundada en la experiencia anterior y en una teoría relativa a lo que se supone que mejor va a funcionar en el futuro.

Se han utilizado diferentes instrumentos metodológicos para estudiar diferentes aspectos del proceso evolutivo. Un conjunto de cuestiones gira en torno al destino del proceso evolutivo. Para estudiarlo se utilizó la noción de estabilidad colectiva (también llamada estabilidad evolutiva), con el fin de ver dónde se detendría el proceso evolutivo. La idea consistía en determinar cuáles serían las estrategias imposibles de invadir si fueran utilizadas por todos. El mérito de esta vía de análisis del problema es que permitía especificar bien qué tipos de estrategias pueden protegerse a sí mismas, y en qué condiciones puede funcionar tal protección. Se demostró, por ejemplo, que TOMA Y DACA sería colectivamente estable si la sombra del futuro fuese lo suficientemente grande, y que la estrategia de nunca cooperar sería colectivamente estable en todas las condiciones posibles.

La potencia del método de la estabilidad colectiva reside en que permite tener en cuenta la *totalidad* de las nuevas estrategias, tanto si son variantes de la estrategia común como si se trata de ideas enteramente nuevas. La limitación del método de estabilidad es que solamente nos dice que una estrategia perdurará una vez establecida, pero no nos dice cómo pudo llegar a establecerse inicialmente. Dado que son muchas las estrategias que pueden ser colectivamente estables una vez instauradas en una población, es importante saber en primer lugar qué estrategias es verosímil que lleguen a quedar instauradas. Para ello se requería una metodología diferente.

Para ver qué estrategia es verosímil que llegue a quedar instaurada en primer lugar es preciso cargar el acento en la diversidad de cosas que pueden suceder al mismo tiempo en una población. Para capturar esta variedad se utilizó el método de los torneos. El campeonato propiamente dicho fue utilizado para estimular la presencia de estrategias refinadas, que en la primera ronda se obtuvieron solicitándoselas a profesionales especializados en teoría de juegos. En la segunda ronda, el refinamiento de las estrategias fue llevado un paso

más allá, por haberse tomado la precaución de que los nuevos participantes conocieran los resultados de la primera ronda. De este modo podían participar en el torneo ideas nuevas, ya fuera como refinamiento de ideas anteriores, ya como nociones totalmente nuevas de lo que daría mejores resultados. Seguidamente, el análisis de lo que en realidad funcionó mejor en este ambiente diversificado nos dijo muchas cosas al respecto de lo que es probable que alcance a florecer.

Dado que el proceso de llegar a establecerse por completo es verosímil que requiera un tiempo considerable, para el estudio de las cambiantes expectativas de las estrategias, al irse modificando su entorno social, se utilizó una técnica de diferente naturaleza. Esta técnica consistió en el análisis ecológico, en el cual se calculaba lo que ocurriría si en cada generación la frecuencia relativa de las distintas estrategias fuera creciendo en proporción al éxito que alcanzasen en la generación precedente. Se trataba ahora de un enfoque ecológico, porque en él no se introducían nuevas estrategias; lo que sí se hacía, en cambio, era determinar las consecuencias, a lo largo de cientos de generaciones, de la diversidad de estrategias ya presentes en el torneo. Este método permitía analizar si las estrategias que al principio tuvieron éxito continuarían teniéndolo después de que las de menor rendimiento hubieran sido eliminadas. En cada generación, la tasa de crecimiento de las estrategias de éxito podía concebirse debida, bien a la superior supervivencia y capacidad reproductiva de los usuarios de esa estrategia, o bien a una mayor probabilidad de ser imitadas por los demás.

Relacionado con el análisis ecológico estaba el análisis territorial de lo que ocurriría si las 63 estrategias de la segunda ronda del torneo se encontrasen dispersas en una estructura territorial, interactuando el jugador emplazado en cada ubicación tan sólo con los cuatro vecinos de esa ubicación. En el sistema territorial, la determinación de lo que tiene éxito es local. Cada ubicación que tiene algún vecino de más éxito que el propio adopta la estrategia del más próspero de estos vecinos. Al igual que en la simulación ecológica, este crecimiento de los más prósperos puede ser atribuído tanto a una mayor capacidad de supervivencia y de reproducción como a una mayor probabilidad de ser imitado por otros.

Para poder utilizar estos instrumentos del análisis evolucionista lo que se necesita es un procedimiento para determinar cuál será el rendimiento de una estrategia dada al interactuar con otra estrategia dada, cualquiera. En casos sencillos, este cálculo puede realizarse al-

gébraicamente, como se hizo al calcular el rendimiento de TOMA Y DACA al encontrarse con otro jugador que nunca coopere. En casos más complejos, el cálculo puede hacerse por simulación de las interacciones y acumulación de los pagos recibidos, y así se hizo en el Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero. Las nociones de actualización temporal y de incertidumbre en la finalización de la interacción fueron incorporadas al torneo haciendo variar la duración de las partidas. Las consecuencias de la naturaleza probabilística de algunas estrategias se trataron calculando el promedio correspondiente a varias repeticiones de la interacción entre cada par de unas mismas estrategias.

Los instrumentos de análisis evolutivo recién expuestos son utilizables en cualquier contexto social. En este libro han sido aplicados a un tipo determinado de situación social, en la que ha sido captado el dilema fundamental de la cooperación. El potencial de cooperación nace cuando cada jugador puede ayudar al otro. El dilema surge cuando la prestación de esta ayuda resulta costosa. La ocasión para la ganancia mutua por cooperación se produce cuando las ganancias debidas a la cooperación por parte del otro son mayores que los costos que a nosotros nos supone la cooperación por nuestra parte. En tal caso, ambos preferiremos la cooperación mutua a la mutua no-cooperación (la llamada «defección»). Ahora bien, no es tan fácil conseguir lo que uno prefiere. Ello se debe a dos razones. En primer lugar, se requiere lograr que el otro jugador ayude, a pesar incluso de que el otro jugador saldría mejor librado a corto plazo no ayudando. En segundo lugar, uno mismo siente la tentación de lograr lo que pueda, sin proporcionar por ello ninguna ayuda que resulte costosa [1].

Los principales resultados de la Teoría de la Cooperación son esperanzadores. Muestran que la cooperación puede ser puesta en marcha incluso por un pequeño grupo de individuos dispuestos a corresponder recíprocamente a ella, aunque en ese mundo nadie más vaya a cooperar. El análisis muestra también que los dos requisitos clave para que la cooperación prospere son que tal cooperación esté fundada en la reciprocidad, y que la sombra del futuro sea lo sufi-

[1] El Dilema del Prisionero es un poco más general de lo que este análisis sugiere. La formulación del Dilema no presupone que el costo de la prestación de ayuda sea el mismo, tanto si el otro jugador coopera como si no. Así pues, se vale de la hipótesis adicional de que ambos jugadores prefieren ayudarse mutuamente que tener iguales probabilidades de explotar al otro y de ser explotados por él.

cientemente importante como para hacer tal reciprocidad estable. Una vez que la colaboración basada en la reciprocidad ha quedado instaurada, es capaz de protegerse a sí misma de la invasión por estrategias no cooperantes.

Resulta esperanzador y estimulante ver que la cooperación pueda comenzar, que sea capaz de prosperar en un ambiente diversificado y multiforme, y que pueda cuidar de sí misma una vez instaurada. Pero lo más interesante es lo poco que ha sido necesario suponer acerca de los individuos, o de la situación en que se desenvuelven, para poder establecer estos resultados. No es preciso que los individuos sean racionales; el proceso evolutivo permite que prosperen las estrategias de éxito, incluso aunque los jugadores no sepan cómo ni por qué. Tampoco es preciso que los jugadores intercambien mensajes ni establezcan pactos; no necesitan palabras, porque sus obras hablan por ellos. De igual modo, tampoco es preciso suponer la mutua confianza entre ellos; basta aplicar el principio de reciprocidad para hacer la defección improductiva. No es necesario el altruísmo; las estrategias eficaces logran obtener la cooperación incluso de los egoístas. Finalmente, no es necesaria una autoridad central; la cooperación fundada en la reciprocidad puede crear y hacer cumplir sus propias normas.

La emergencia, el desarrollo y el sostenimiento de la cooperación sí exigen de ciertas hipótesis relativas a los individuos y al contexto social. Exigen, en particular, que los individuos sean capaces de reconocer a otros individuos con quienes hayan tenido trato anteriormente. Exigen también que uno pueda recordar el historial de las interacciones previstas con dichos jugadores, a fin de que cada jugador pueda dar respuesta a la estrategia del otro. En realidad, estos requisitos de reconocimiento y recuerdo no son tan estrictos como pudieran parecer. Hasta las bacterias pueden satisfacerlos, por el sencillo procedimiento de interactuar solamente con otro organismo, y de valerse de una estrategia (como puede ser la de TOMA Y DACA) cuya respuesta depende solamente de la conducta reciente del otro jugador. Y si las bacterias pueden desarrollar juegos así, también las personas y las naciones.

Para que la cooperación resulte ser estable es preciso que el futuro arroje sobre el presente una sombra suficientemente grande. Significa esto que la importancia del próximo encuentro entre un mismo par de individuos debe ser lo suficientemente grande como para hacer contraproducente la estrategia de defección al interactuar con

un jugador provocable. Lo cual exige que los jugadores tengan una probabilidad suficientemente grande de volverse a encontrar, y que no apliquen un porcentaje de actualización excesivo a la importancia de su próximo encuentro. Así, por ejemplo, el hecho que posibilitó la cooperación durante la guerra de trincheras en la Primera Guerra Mundial consistió en que unas mismas unidades, emplazadas frente a frente, a uno y otro lado de la tierra de nadie, tuvieran que permanecer en contacto durante largos períodos de tiempo, con lo cual, si uno de los bandos violaba los sobreentendidos tácitos, el otro podría tomar represalias contra esa misma unidad.

Finalmente, la evolución de la cooperación exige que las estrategias de éxito puedan prosperar, y que haya una fuente de variedad en las estrategias que se estén utilizando. Aunque estos mecanismos puedan ser los darwinistas clásicos —mutación y supervivencia de los más aptos— también pueden comportar procesos muchos más deliberados y conscientes, como la imitación de las pautas de conducta de mayor éxito, y el diseño inteligente y racional de ideas estratégicas nuevas.

Para que la cooperación pueda comenzar se precisa una condición adicional. El problema consiste en que en un mundo de defección incondicional, un individuo aislado que ofrezca cooperación no podrá prosperar a menos que también haya en su entorno otros dispuestos a corresponder a su buena disposición. Por otra parte, la cooperación puede emerger a partir de pequeños grupos apiñados de individuos con capacidad discriminatoria, en tanto estos individuos sostengan unos con otros aunque sólo sea una pequeña proporción de sus interacciones. Así pues, tiene que haber algún apiñamiento de individuos que se valgan de estrategias con dos propiedades: sus estrategias habrán de ser las primeras en cooperar, y tienen que ser capaces de discriminar entre quienes responden positivamente a su cooperación, y quienes no.

Las condiciones para la evolución de la cooperación nos dicen qué es lo necesario; pero por sí solas, no nos dicen qué estrategias serán las más venturosas. En lo tocante a esta cuestión, el método del torneo ha ofrecido llamativas pruebas en favor de lo robusto del éxito de la más sencilla de todas las estrategias discriminantes, a saber, la de TOMA Y DACA. Cooperando en la primera jugada, y haciendo después lo mismo que el otro jugador hiciera en la jugada anterior, TOMA Y DACA logró buenos resultados con una amplia diversidad de reglas de decisión de mayor o menor refinamiento. No sólo quedó vence-

dora en la primera ronda del Torneo Computarizado de Dilema del Prisionero, en la cual se enfrentó a reglas propuestas por especialistas profesionales en teoría de juegos, sino que ganó también en la segunda ronda, en la que participaban más de sesenta reglas propuestas por personas que pudieron tener en cuenta los resultados de la primera ronda del torneo. TOMA Y DACA quedó también clasificada en primer lugar en cinco de las seis principales variantes de la segunda ronda (y segunda en la sexta variante). Y lo que es más impresionante, su éxito no se fundó solamente en su capacidad para lograr buenos resultados con estrategias que puntuaban bajo. Asi quedó demostrado merced a un análisis ecológico del desarrollo de rondas hipotéticas futuras del torneo. En esta simulación de cientos de rondas del torneo, TOMA Y DACA volvió a ser la regla de mayor éxito, clara muestra de que es capaz de defenderse bien tanto con las reglas buenas como con las malas.

La robustez del éxito de TOMA Y DACA se debe a que es decente, provocable, indulgente y clara. Por su carácter decente, no es nunca la primera en defraudar, lo cual le evita tropiezos innecesarios. Su capacidad de represalia sirve para disuadir al otro jugador de persistir en la defección cuando prueba a usarla. Su indulgencia ayuda a restaurar la mutua cooperación. Su claridad hace fácilmente reconocible su norma de conducta; y una vez reconocida, es fácil percatarse de que la mejor forma de habérselas con TOMA Y DACA es cooperar con ella.

A pesar de lo robusto que es su éxito, no se puede afirmar que TOMA Y DACA sea la estrategia óptima para jugar al Dilema del Prisionero iterativo. Para empezar, esa regla, como tantas otras reglas decentes, requiere, para ser eficaz, que la sombra del futuro sea lo suficientemente grande. No obstante, ni siquiera en tal caso existe una estrategia óptima independiente de las estrategias de los demás. En algunos ambientes extremos, hasta la propia TOMA Y DACA lograría resultados flojos, y así sucedería si no hubiera entre los demás suficientes jugadores que llegasen a devolver su esfuerzo cooperativo inicial. Y TOMA Y DACA tiene también sus propias debilidades estratégicas. Por ejemplo, si el otro jugador no coopera, aunque sólo sea una vez, TOMA Y DACA siempre responderá en la jugada siguiente no cooperando; y si ahora el otro actuase de igual manera, no cooperando como represalia, el resultado sería una interminable reverberación de defecciones en una jugada sí y otra no. En este sentido, TOMA Y DACA puede no ser suficientemente indulgente. Por otra par-

te, esta estrategia tiene el problema de ser demasiado indulgente con las reglas totalmente refractarias a su conducta, como por ejemplo la regla de azar puro. Lo que sí puede decirse de TOMA Y DACA es que funciona realmente bien en una amplia variedad de situaciones, en las cuales los otros jugadores están todos aplicando estrategias más o menos refinadas, ideadas todas ellas con la intención de lograr buenos resultados.

Cuando una estrategia decente, como por ejemplo TOMA Y DACA, acaba siendo adoptada por la práctica totalidad de una población, los individuos que aplican esta estrategia pueden permitirse el ser generosos al tratar con otros. En efecto, una población de reglas decentes puede también protegerse a sí misma de grupos apiñados que utilicen cualquier otra estrategia, exactamente lo mismo que son capaces de protegerse de la invasión de indiviuos aislados.

Los resultados anteriores proporcionan una imagen cronológica de la evolución de la cooperación. Esta puede iniciarse a partir de pequeños apiñamientos. Puede prosperar con reglas que sean decentes, provocables y, hasta cierto punto, indulgentes. Y una vez establecida en una población, los individuos que se valen de tales estrategias discriminantes pueden protegerse a sí mismos de la invasión. El nivel global de cooperación tiende a aumentar, y no a disminuir. Dicho de otro modo, la maquinaria correspondiente a la evolución de la cooperación tiene un retén de enclavamiento.

Vimos ya cómo funcionaba este retén en el desarrollo de las normas de reciprocidad en el Congreso de los Estados Unidos. Como ya se expuso en el primer capítulo, en los primeros tiempos de la república norteamericana, los miembros del Congreso eran conocidos por su conducta doble y traicionera. Totalmente carentes de escrúpulos, practicaban el engaño con frecuencia. Sin embargo, a lo largo de los años emergieron pautas de conducta cooperativa, que han demostrado ser estables. Estas pautas se basaron en la norma de la reciprocidad.

Otras muchas instituciones han desarrollado pautas estables de cooperación fundadas en normas similares. Los mercados de diamantes, por ejemplo, son célebres por la forma en que sus miembros se intercambian bienes valorados en cientos de millones de pesetas sin mayor trámite que un compromiso verbal y un apretón de manos. El factor clave es que los participantes saben que van a volver a tratar unos con otros una y otra vez. Por consiguiente, los intentos de sacar provecho de la situación serían contraproducentes.

Las memorias del Ron Luciano, un árbitro de béisbol que a veces tenía «días malos», nos proporcionan una maravillosa ilustración de este principio.

Al cabo de cierto tiempo aprendí a fiarme tanto del juicio de ciertos *catcher* *, que durante mis días malos dejaba que fueran ellos quienes en realidad arbitraran por mí. Por lo general, los días malos venían a continuación de las noches buenas... En tales días no era mucho lo que yo podía hacer, salvo tomarme un par de aspirinas y pitar lo menos posible. Cuando jugaba de *catcher* alguien de quien yo pudiera fiarme... le decía. «Mira, tengo un día malo. Es mejor que arbitres tú por mí. Si es *strike* (falta del bateador), mantienes el guante en alto un segundo de más. Si es *bola* (falta del lanzador) lanzas la pelota inmediatamente. Y, por favor, no grites.

Esta confianza en el *catcher* funcionaba, porque si Luciano llegaba a sospechar que se estaba abusando de él, tendría muchas oportunidades de tomar represalias.

Nadie, entre quienes trabajaron conmigo, llegó nunca a aprovecharse de la situación, y ningún bateador llegó jamás a averiguar lo que yo estaba haciendo. Tan sólo una vez, estando Ed Herman controlando los lanzamientos, llegó un *pitcher* (lanzador) a quejarse. Yo sonreí; me reí; pero no dije ni una palabra. De todas formas me sentí tentado; sí, verdaderamente muy tentado. (Luciano y Fischer 1982, p. 166).

Las transacciones comerciales ordinarias se basan también en la idea de que una relación continuada permite que se desarrolle la cooperación sin la intervención de una autoridad central. Aunque los tribunales sí constituyen una autoridad central capaz de dirimir las disputas comerciales, de ordinario no se apela a esta autoridad. He aquí, expresada por un agente de compras, una actitud comercial corriente; según él, «si pasa algo, se llama al otro por teléfono y se le busca solución al problema. Uno no anda leyéndole al otro las cláusulas y legalismos del contrato, si se tiene intención de volver a hacer negocios con él». (Macaulay 1963, p. 61). Esta postura está tan bién establecida que cuando un gran fabricante de productos de embalaje efectuó una inspección de sus documentos se encontró con que no se habían establecido contratos jurídicamente válidos en dos terceras partes de los encargos de sus clientes (Macaulay 1963). La limpieza de la transacción no está garantizada por la amenaza de una querella

* *Nota del traductor:* Recoge la pelota que tira el lanzador *(pitcher),* si no la da el bateador. Se coloca en cuclillas inmediatamente detrás del bateador y delante del árbitro.

ante los tribunales, sino más bien por la expectativa de transacciones futuras mutuamente ventajosas.

Y es precisamente cuando se vienen abajo estas expectativas de futura interacción cuando se recurre a una autoridad externa. Según Macaulay, el tipo más corriente de contrato comercial que se disputa hasta sus últimas consecuencias ante los tribunales, llegando incluso a los tribunales de apelación, son las querellas por finiquito de las exclusivas de distribución que una gran compañía concede a una filial o a un distibuidor. Esta serie de conflictos tiene lógica, porque finalizado el período de la exclusiva, desaparece toda expectativa de transacciones mutuamente remuneradoras entre el distribuidor y la casa matriz. La cooperación concluye, y no pocas veces, con costosas batallas en los tribunales.

En otros contextos las relaciones mutuamente provechosas se hacen tan frecuentes que las identidades individuales de los participantes llegan a desdibujarse y confundirse. El célebre Lloyd's de Londres, por ejemplo, comenzó siendo un pequeño grupo de agentes aseguradores independientes. Dado que el seguro de un barco y de su cargamento supondría un importe excesivo para un solo agente, era frecuente que varios de ellos formaran peñas para compartir los riesgos. La frecuencia de las interacciones llegó a ser tan grande que los avalistas fueron gradualmente desarrollando una organización federada, con estructura formal propia.

La importancia de las interacciones futuras puede proporcionar una guía para el diseño de instituciones. Para facilitar la promoción de la cooperación entre los miembros de una organización, es preciso estructurar las relaciones de modo que se produzcan interacciones frecuentes y durables entre individuos específicos. Es corriente que las corporaciones y las organizaciones burocráticas se estructuren precisamente así, como ya analizamos en el Capítulo 8.

A veces, el problema consiste no en promover la cooperación, sino en retardarla. Tenemos un ejemplo en los esfuerzos tendentes a impedir las prácticas de confabulación comercial, consistentes en evitar que se den las condiciones mismas que promoverían la cooperación. Desdichadamente, la facilidad misma con que puede evolucionar la cooperación incluso entre egoístas hace pensar que la prevención de la colusión no es tarea fácil. Ciertamente, la cooperación no exige acuerdos formales, y ni siquiera negociaciones cara a cara. El hecho de que la cooperación basada en la reciprocidad pueda emerger y permanecer estable sugiere que las actividades antimonopolís-

ticas deberían prestar más atención a impedir las condiciones en las que la cooperación encuentra cobijo, que a investigar encuentros secretos entre los directivos de las firmas competidoras.

Fijémonos, por ejemplo, en la costumbre del gobierno norteamericano de seleccionar a dos compañías para que desarrollen en competencia prototipos de nuevos aviones militares. Dado que las compañías del sector aeroespacial se han especializado hasta cierto punto en producir aviones para la Fuerza Aérea y para la Marina, hay una tendencia a que las firmas de una misma especialidad acaben enfrentadas en el concurso definitivo (Art 1968). Esta frecuente interacción entre dos compañías determinadas hace relativamente fácil llegar a una confabulación tácita. Para dificultarla, el gobierno debería buscar métodos para reducir la especialización, o la compensación de sus efectos. Sería de esperar entonces que los pares de compañías que comparten una especialidad, interactuasen menos frecuentemente en los concursos finales. Ello tendría por efecto hacer que las posteriores interacciones entre ellos tuvieran, comparativamente, menos valor, reduciendo así la sombra del futuro: si la próxima interacción esperada se encontrase lo suficientemente lejana, la cooperación recíprocra, en forma de tácita connivencia, dejaría de ser una política estable.

En otros contextos, la posibilidad de alcanzar la cooperación sin necesidad de acuerdos formales, presenta aspectos más positivos. Por ejemplo, se deduce de ella que la cooperación para el control de la carrera de armamentos no tiene por qué depender exclusivamente del mecanismo formal de la negociación de tratados. El control de armamentos podría también evolucionar tácitamente. Desde luego, tanto los Estados Unidos como la Unión Soviética saben que tendrán que tratar los unos con la otra durante muy largo tiempo, y ello debería contribuir a establecer las condiciones requeridas. Sus dirigentes podrán no tenerse simpatía; pero tampoco se la tenían los soldados de la Primera Guerra Mundial, que aprendieron a vivir y dejar vivir.

De vez en cuando, a un líder político se le mete en la cabeza que no es preciso buscar la cooperación con otras grandes potencias; que es mejor llevarlas a la bancarrota. Tal empresa es sumamente arriesgada, porque el blanco de tales esfuerzos puede no limitarse a suprimir la cooperación normal; más aún, tendrá un fuerte incentivo para agudizar el conflicto antes de quedar irremisiblemente debilitado. El desesperado envite japonés en Pearl Harbor, por ejemplo, fue la respuesta a las enérgicas sanciones económicas impuestas por los EEUU,

cuyo propósito era detener la intervención japonesa en China (Ike, 1967; Hosoya, 1968). En lugar de renunciar Japón a una esfera de influencia que este país consideraba vital, decidió atacar a los EEUU antes de verse más debilitado todavía. Aunque Japón comprendía perfectamente que los EEUU eran mucho más poderosos, llegó a la conclusión de que los efectos acumulativos de las sanciones hacían preferible atacar inmediatamente, sin esperar a que la situación se hiciese más desesperada todavía.

Cuando se intenta llevar a alguien a la bancarrota, la perspectiva temporal de los participantes cambia bruscamente, pues ello pone muy en entredicho el futuro de la interacción. Y sin la sombra del futuro es imposible que se mantenga la cooperación en el presente. Las condiciones para el nacimiento y sostén de la cooperación están maduras cuando es verosímil que la cooperación prosiga durante largo tiempo, y a los jugadores les importe el futuro de su interacción conjunta.

El verdadero fundamento de la cooperación no es la confianza, sino la perdurabilidad de la relación. Cuando las condiciones son idóneas, los jugadores pueden llegar a cooperar uno con otro, descubriendo las posibilidades de mutua remuneración que la cooperación ofrece, ya sea por tanteo, ya por imitación de otros jugadores venturosos, o incluso a través de un ciego proceso de selección de las estrategias más prósperas, que va eliminando las menos venturosas. El que los jugadores confíen, o no, el uno en el otro, tiene a la larga una importancia mucho menor que la idoneidad de las condiciones para la construcción de una norma estable de cooperación mutua.

Tan importante como pueda ser el futuro para crear las condiciones que permitan el establecimiento de la cooperación, lo es el pasado para supervisar y controlar cuál ha sido la auténtica conducta del otro jugador. Es esencial que los jugadores puedan cada uno observar y responder a las decisiones que anteriormente haya tomado el otro. De faltar esta capacidad para sacar lecciones del pasado sería imposible castigar las defecciones, y el incentivo para cooperar desaparecería.

Felizmente, no es preciso que la capacidad de supervisión y control de la conducta pasada haya de ser perfecta. En el Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero se supuso que cada jugador tenía un conocimiento completo de las anteriores decisiones del otro. Sin embargo, en muchas situaciones, los jugadores pueden ocasionalmente captar erróneamente la verdadera elección del otro. Pue-

de suceder que una defección pase desapercibida, o que un acto de cooperación sea erróneamente entendido como una defección. Al objeto de explorar qué consecuencias tendrían tales malentendidos, se repitió la primera ronda del torneo, con la modificación de que cada jugador tuviera una probabilidad del 1 por ciento de ser mal entendido por el otro. Como era de esperar, tales malentendidos provocaron muchas más defecciones. La sorpresa fue que TOMA Y DACA siguiera siendo la mejor de las reglas de decisión del torneo. Si bien es cierto que tuvo dificultades, pues bastó muchas veces un sólo malentendido para desencadenar un vaivén de acciones alternativas de represalia por una y otra parte, lo cierto es que en muchas ocasiones fue suficiente otro malentendido para extinguir tal reverberación. Muchas de las otras reglas eran menos indulgentes, y así, cuando entraban en conflicto con otras tenían menores probabilidades de zanjarlos. TOMA Y DACA se desenvolvió bien al afrontar las malas interpretaciones de sus acciones, por ser capaz de perdonar pronto, y tener así oportunidad de restaurar la mutua cooperación.

El papel de la perspectiva temporal tiene importantes consecuencias a la hora de diseñar instituciones. En las organizaciones grandes, como las corporaciones comerciales y las burocracias gubernamentales, los cargos directivos acostumbran a cambiar de puesto aproximadamente cada dos años [2]. Tal proceder incentiva fuertemente a los directivos para buscar buenos resultados a corto plazo, y a no tener en cuenta las consecuencias que ello pueda reportarle a la organización a largo plazo. Saben que pronto se encontrarán en otro puesto, y que no es probable que se les exijan responsabilidades por las consecuencias de sus decisiones en los puestos anteriores. Se deduce de aquí que cuando dos directivos se acercan al fin de sus mandatos en un cargo, tienen fuertes incentivos para no cooperar. El resultado es que los frecuentes relevos de puesto pueden provocar que disminuya la cooperación en el seno de la organización.

Como ya se expuso en el Capítulo 3, se plantea un problema similar cuando un político tiene pocas posibilidades de resultar reelegido. El problema es todavía más agudo en el caso de los congresistas no reelegidos y a punto de agotar su mandato. Desde el punto de vista del público, los políticos próximos al fin de sus carreras pueden

[2] Nada sorprendentemente, los altos cargos con mayor éxito en Washington aprenden a confiar en la reciprocidad de este «gobierno de extraños» (Heclo 1977, p. 154-234.)

ser peligrosos, por estar fuertemente tentados a buscar ventajas personales y no a mantener con su electorado una norma de cooperación que persiga lograr objetivos mutuamente remuneradores.

Dado que la renovación de los dirigentes políticos es una parte necesaria del control democrático, es preciso resolver el problema de otro modo. En este caso se ve la utilidad de los partidos políticos, pues el público puede hacerlos responsables de las acciones de sus miembros electos. Partidos y electores se encuentran trabados en una relación a largo plazo, y ello incentiva a los partidos para seleccionar candidatos que no vayan a abusar de sus cargos. Y si un político es descubierto cayendo en la tentación de hacerlo, los electores pueden tener en cuenta tal hecho para valorar a otros miembros del mismo partido en los comicios siguientes. El castigo sufrido por el Partido Republicano, tras el escándalo Watergate, demuestra que, efectivamente, el público responsabiliza a los partidos de las defecciones de su líderes.

En general, las soluciones que institucionalmente se adopten para resolver el problema de la renovación periódica de cargos han de comportar la exigencia de responsabilidades a los individuos, aun después de expirar sus mandatos en un determinado puesto. En el caso de una gran organización, sea estatal o privada, la mejor forma de garantizar tal exigencia sería constatar no sólo los éxitos del ocupante del cargo, sino también el estado en que recibió el cargo su sucesor. Por ejemplo, si un directivo buscase una ganancia rápida zancadilleando a un colega, justamente antes de ser transferido a una nueva fábrica de la compañía, tal hecho debería ser tomado en cuenta al valorar la ejecutoria del directivo en cuestión.

La Teoría de la Cooperación no sólo ofrece lecciones para el diseño de instituciones, sino también para la decisión a nivel individual. En lo que a mí concierne, una de las mayores sorpresas que me he llevado al trabajar en este proyecto ha sido el valor de la provocabilidad. Cuando lo emprendí, estaba convencido de que se debería refrenar la ira. Los resultados del Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero ponen de manifiesto que en realidad es preferible responder rápidamente a las provocaciones. Resulta que si uno tarda en responder a las defecciones injustificadas, hay un gran riesgo de estar enviando una señal indebida. Cuanto más tiempo se dejen impunes las defecciones, tanto más probable es que el otro jugador saque la conclusión de que la defección puede ser rentable. Y cuanto más fuertemente se arraigue esta convicción, tanto más difícil será destruirla.

La moraleja es que cuanto antes se responda a la provocación, mejor. Desde luego, el éxito de TOMA Y DACA es una buena ilustración de esta tesis. Dado que responde inmediatamente, genera la «realimentación» más rápida posible de que la defección no será rentable.

Como ilustración de este punto tenemos las respuestas a las potenciales violaciones de los acuerdos de control de armamentos. Parece como si, de vez en cuando, la Unión Soviética emprendiera acciones destinadas a tantear los límites de sus convenios con los Estados Unidos. Cuanto antes detecten los Estados Unidos estos sondeos, y les den respuesta, mejor. Esperar a que se acumulen sólo sirve para crear el riesgo de tener que responder con tanta fuerza que ello cree todavía tropiezos mayores.

La velocidad de la respuesta es función del tiempo requerido para detectar, en cada caso, cuál ha sido la decisión del otro jugador. Cuanto más breve este tiempo, tanto más estable puede ser la cooperación. Una detección rápida supone que la siguiente jugada de la interacción llegue rápidamente, incrementándose en consecuencia la sombra del futuro, representada por el parámetro *W*. Por esta razón, los únicos acuerdos de control armamentista que pueden ser eficaces son aquellos cuyas violaciones pueden ser detectadas con suficiente presteza. El requisito crítico es que las violaciones puedan ser detectadas antes de que su acumulación alcance tal grado que la provocabilidad de la víctima ya no sea suficiente para impedir que el infractor tenga un incentivo para defraudar.

Los resultados del torneo, relativos al valor de la provocabilidad, quedan complementados por el análisis teórico de lo requerido para que una regla decente sea colectivamente estable. Para que una regla decente logre resistir la invasión es necesario que la regla sea provocable ya por la primera defección del otro jugador (Proposición 4 del Capítulo 3). Desde el punto de vista teórico no es forzoso que la respuesta haya de producirse ni inmediatamente, ni con absoluta certeza; pero sí ha de haber una probabilidad real de que llegue a producirse. Lo importante es que el otro jugador no quede incentivado a no cooperar.

Como es obvio, la provocabilidad comporta un riesgo. El riesgo es que si el otro jugador tantea con una defección, «a ver que pasa», la represalia engendre nuevas represalias, y que el conflicto degenere en una serie interminable de mutuas recriminaciones. Lo cual es, qué duda cabe, un serio problema. Por ejemplo, en muchas culturas se producen sangrientas luchas entre clanes, que prosiguen sin amorti-

guación durante años, y a veces, generaciones (Black-Michaud, 1975).

La persistencia del conflicto se debe al efecto de «eco»; cada bando reponde a la última defección del otro con una defección por parte propia. Una solución consiste en hallar una autoridad superior, capaz de imponerse a los dos bandos, y hacer cumplir una norma legal. Por desgracia, con mucha frecuencia no se dispone de tal posibilidad. E incluso cuando existe una norma legal, el costo de recurrir a los tribunales para problemas rutinarios, como exigir el cumplimiento de los contratos, puede resultar prohibitivo. En los casos en que resulte imposible, o demasiado caro, recurrir a una autoridad central, el mejor procedimiento es poner en práctica una estrategia capaz de cuidar de sí misma.

Aunque es preciso que una tal estrategia sea provocable, la respuesta no debe ser excesiva, ya que conducirá a una interminable reverberación de defecciones. Supongamos, por ejemplo, que la Unión Soviética, en conjunción con los demás países del Pacto de Varsovia, inicia una movilización parcial de sus fuerzas armadas en toda Europa Oriental. Tal movilización supondría para los soviéticos una ventaja adicional, en el caso de que fuera a desencadenarse una guerra convencional. Una respuesta útil por parte de la OTAN sería aumentar su propio estado de alerta. Entonces, si fueran trasladadas nuevas tropas desde la Unión Soviética hasta Europa Oriental, la OTAN debería responder trasladando nuevas fuerzas desde los Estados Unidos. Betts (1982, pp. 293-94) recomienda que este tipo de respuestas sean automáticas, a fin de que los soviéticos vean claramente que tales incrementos en el estado de alerta de la OTAN son procedimientos normales, y solamente se producen tras movilizaciones por parte soviética. Bett recomienda, igualmente, que la respuesta sea graduada; por ejemplo, trasladando una división norteamericana por cada tres divisiones soviéticas movilizadas. En efecto, ello contribuiría a limitar los «ecos».

Una característica útil de las estrategias concebidas para lograr una cooperación estable es la provocabilidad graduada. Mientras que TOMA Y DACA responde con una defección de magnitud exactamente igual a la del otro, en muchas circunstancias la estabilidad de la cooperación se vería reforzada si la respuesta fuera ligeramente menor que la provocación. De lo contrario resultaría sumamente fácil deslizarse hacia una serie interminable de represalias de una y otra parte, causadas por la última defección del otro. Existen varias formas de controlar un efecto de eco. Una consiste en que el jugador que

fue el primero en no cooperar se dé cuenta de que la respuesta del otro no exige una nueva defección por su parte. Por ejemplo, los soviéticos podrían darse cuenta de que la movilización de fuerzas de la OTAN es una mera respuesta a su movilización, y que, por consiguiente, no tiene por qué ser tenida por amenazadora. Como es obvio, los soviéticos podrían no verlo de ese modo, incluso aunque la respuesta de la OTAN fuese automática y predictible. Por consiguiente, también sería útil que la respuesta de la OTAN fuese ligeramente menos que proporcional a la movilización de los soviéticos. Entonces, si la respuesta soviética fuese también algo menor que la correspondiente a la movilización de la OTAN, la escalada podría estabilizarse, y después, posiblemente, retrogradar hacia la situación normal.

Por fortuna, para que la cooperación se desarrolle y evolucione no es necesaria la amistad. Como demuestra el ejemplo de la guerra de trincheras, hasta los antagonistas pueden aprender a desarrollar la cooperación fundada en la reciprocidad. La cooperación no requiere amistad, sino duración. Uno de los aspectos positivos de las relaciones internacionales es que las grandes potencias pueden tener la plena seguridad de estar interactuando año tras año, unas con otras. Quizá su relación no siempre sea remuneradora, pero sí es duradera. Por consiguiente, las interacciones del año próximo proyectaran una gran sombra sobre las decisiones a tomar este año, y por ello hay grandes posibilidades de que la cooperación vaya evolucionando.

Tampoco es necesaria la capacidad de previsión, como demuestran los ejemplos tomados de la biología. Ahora bien, a falta de tal capacidad, el proceso evolutivo puede exigir muchísimo tiempo. Por fortuna, los humanos sí tienen capacidad de previsión, que pueden utilizar para acelerar procesos que de otra forma tendrían una evolución a ciegas. A este respecto, el ejemplo más llamativo fue la diferencia entre la primera y la segunda ronda del Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero. En la primera ronda, los participantes eran especialistas profesionales de teoría de juegos, cuya comprensión de cómo lograr buenos resultados en tal dilema, venía a representar «el estado de la cuestión». Al emparejar sus reglas, el resultado fue una puntuación promedio de 2,10 puntos por jugada, que es sólo ligeramente mejor que la media aritmética entre $P = 1$ (penalización por defección mutua) y $R = 3$ (recompensa por mutua cooperación). Los jugadores de la segunda vuelta lograron resultados mucho mejores, puntuando en promedio 2,60 por jugada, un poco más de tres cuartas partes de la separación que media entre el mutuo

castigo y la recompensa mutua [3]. Así pues, los jugadores supieron sacar partido de los resultados de la primera ronda, incluido el valor de la reciprocidad, para preveer lo que daría buenos resultados en la segunda. En conjunto, su capacidad de previsión pagó dividendos, alcanzándose resultados sustancialmente superiores.

El resultado fue que el nivel de complicación y refinamiento de la segunda ronda fue superior al de la primera. Quedó firmemente establecida la cooperación fundada en la reciprocidad. Las diversas tentativas de explotación de las reglas menos refinadas de la primera ronda fracasaron todas en la segunda, demostrando así que la reciprocidad de estrategias como TOMA Y DACA es extraordinariamente robusta. Quizá no sea excesivo confiar en que la gente sepa usar el sucedáneo de experiencia que es el Torneo Computarizado para aprender el valor de la reciprocidad en sus propias interacciones de Dilema del Prisionero.

En cuanto se corre la voz de que la reciprocidad es eficaz, resulta casi forzoso practicarla. Cuando es de esperar que los demás paguen con la misma moneda, tanto nuestra cooperación como nuestra defección, será prudente por nuestra parte evitar iniciar conflictos. Además, también será prudente por nuestra parte no cooperar después de que otro defraude, haciéndole ver así que no estamos dispuestos a dejarnos explotar. Por consiguiente, también a nosotros nos convendrá aplicar una estrategia basada en la reciprocidad. Y lo mismo les sucederá a todos los demás. De este modo, la apreciación del valor de la reciprocidad se hace autorreforzante. En cuanto la reciprocidad se pone en marcha, se fortalece más y más.

Tal es la esencia del «efecto de retención» que se enunció en el Capítulo 3; en cuanto en una población se implanta la cooperación basada en la reciprocidad, no puede ser asaltada ni siquiera por un grupo apiñado de individuos que traten de explotar a los demás. La implantación de una cooperación estable puede requerir largo tiempo si se basa en las fuerzas ciegas de la evolución, pero también puede acontecer bastante rápidamente si los jugadores son inteligentes y capaces de comprender y valorar sus principios. Los resultados de este libro tanto empíricos como teóricos, podrían ayudar a la gente

[3] Las puntuaciones medias de los participantes incluyen a la totalidad de las reglas, exceptuada AZAR, y tienen en cuenta que la primera ronda constó de 200 jugadas de partida, mientras que en la segunda las partidas tenían diferentes duraciones, que fueron, en promedio, de 151 jugadas por partida.

a ver más claramente las oportunidades de reciprocidad latentes en su mundo. El conocimiento de los conceptos que explicaron los resultados de las dos rondas del Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero, así como el conocimiento de las razones y condiciones para el éxito de la reciprocidad, pudieran proporcionar una cierta capacidad de previsión adicional.

Podríamos llegar a ver más claramente la moraleja que nos enseña el hecho de que TOMA Y DACA tenga éxito sin lograr nunca para sí mas que aquellos con quienes interactúa. TOMA Y DACA triunfa provocando la cooperación de otros, no venciéndolos. Estamos habituados a pensar en competiciones en las cuales hay solamente un ganador, competiciones como el fútbol o el ajedrez. Ahora bien, el mundo raramente es así. En una vasta gama de situaciones, la cooperación mutua puede ser para *ambas* partes mejor que la defección mutua. La clave para lograr buenos resultados no estriba en vencer a otros, sino en obtener su cooperación.

En nuestros días, los problemas más importantes con que se encara la humanidad se plantean en la arena de las relaciones internacionales, pues en ellas, naciones independientes y egoístas se enfrentan unas a otras, en un régimen cercano a la anarquía. Muchos de estos problemas adoptan la forma de Dilemas del Prisionero iterativos. Entre los ejemplos se cuentan las carreras de armamentos, la proliferación nuclear, el uso de crisis con fines coercitivos y la escalada militar. Como es obvio, una comprensión correcta y realista de estos problemas habría de tomar en consideración muchos elementos no incorporados a la sencilla formulación del Dilema del Prisionero, entre los que se cuentan la ideología, los problemas de política interna de los aparatos burocráticos de los países, los compromisos y coaliciones, el papel de los mediadores y el liderazgo. Sin embargo, sí podemos sacar partido de que podamos comprender.

Robert Gilpin (1981, p. 205) señala que desde los antiguos griegos hasta las doctrinas contemporáneas, toda la teoría política está dirigida a una sola cuestión fundamental: «¿de qué modo puede la raza humana, ya sea con fines egoístas, o de más altas miras, comprender y controlar las fuerzas, aparentemente ciegas, de la historia?» Esta cuestión reviste particular gravedad en el mundo contemporáneo, a causa de la aparición de las armas nucleares.

El asesoramiento dado en el Capítulo 6 a los jugadores del Dilema del Prisionero pudiera servirles igualmente bien a los líderes nacionales: no ser envidioso, no ser el primero en no cooperar, devol-

ver tanto la cooperación como la defección y no ser demasiado listo. Análogamente, las técnicas examinadas en el Capítulo 7 para promover la cooperación en el Dilema del Prisionero, pudieran también ser útiles para promover la cooperación en política internacional.

El meollo del problema de cómo lograr recompensas de la cooperación es que el aprendizaje por tanteos, dando palos de ciego, es lento y doloroso. Las condiciones pueden ser todas favorables para que se produzcan desarrollos a largo plazo, pero tal vez no dispongamos del tiempo necesario para que los procesos a ciegas nos conduzcan hacia estrategias mutuamente remuneradoras, basadas en la reciprocidad. Quizá, si comprendiéramos mejor los procesos, podríamos usar nuestra capacidad de previsión para acelerar la evolución de la cooperación.

Apéndice A
RESULTADOS DE LOS TORNEOS

Este apéndice sirve de complemento al Capítulo 2; facilita información adicional acerca de las dos rondas del Torneo Computarizado del Dilema del Prisionero. Se da en él información relativa a las personas que participaron en el campeonato, acerca de los programas propiamente dichos, y de cómo funcionó cada uno de ellos al ser emparejado con cada uno de los demás. También examina lo que hubiera ocurrido en seis de las principales variantes del torneo, proporcionando así pruebas adicionales de la robustez del éxito de TOMA y DACA.

En la primera ronda del torneo participaron catorce programas, y además, la regla AZAR. En la Tabla 2 se relacionan los nombres de los participantes, y las puntuaciones alcanzadas por sus reglas de decisión. Las reglas fueron confrontadas por parejas, de todas las formas posibles, en tandas de cinco partidas de doscientas jugadas cada una. En la Tabla 3 se dan las puntuaciones alcanzadas en los torneos por cada regla al ser emparejada con cada una de las demás. Se da una descripción de cada estrategia en Axelrod (1980*a*) que fue también el informe de que dispusieron los participantes en la segunda vuelta del torneo.

Los participantes en la segunda ronda se relacionan en la Tabla 4;

TABLA 2
Los participantes: primera ronda

Puesto	*Nombre del autor*	*Disciplina (si es profesor)*	*Longitud del programa*	*Puntos*
1	Anatol Rapoport	Psicología	4	504,5
2	Nicholas Tideman y Paula Chieruzzi	Economía	41	500,4
3	Rudy Nidegger	Psicología	23	485,5
4	Bernard Grofman	Ciencias Pol.	8	481,9
5	Martin Shubik	Economía	16	480,7
6	William Stein & Ammon Rapoport	Matemáticas Psicología	50	477,8
7	James W. Friedman	Economía	13	473,4
8	Morton Davis	Matemáticas	6	471,8
9	James Graaskamp		63	400,7
10	Leslie Downing	Psicología	33	390,6
11	Scott Feld	Sociología	6	327,6
12	Johann Hoss	Matemáticas	5	304,4
13	Gordon Tullock	Economía	18	300,5
14	Nombre reservado		77	282,2
15	AZAR		5	276,3

también se da en ella alguna información referente a sus programas. Cada uno de los pares de reglas efectuaron cinco partidas de longitud variable, que constaron, por término medio, de 151 jugadas cada una. Se presentaron, además de AZAR, otros 62 programas, por lo que la matriz de resultados de la segunda vuelta del torneo es una gran matriz de 63 por 63. Tan grande es, que la Tabla 5 ha tenido que ser dada en forma comprimida (véase la Tabla 5). La puntuación media de cada regla con cada una de las demás ha sido representada mediante un sólo dígito, de acuerdo con el siguiente código:

1: Menos de 100 puntos.
2: De 100 a 199,9 puntos.
3: De 200 a 299,9 puntos.
4: De 300 a 399,9 puntos.
5: De 400 a 452,9 puntos.
6: Exactamente 453 puntos (cooperación mutua total).
7: 453,1 - 499,9 puntos.
8: 500 - 599,9 puntos.
9: 600 o más puntos.

TABLA 3

Puntuaciones en el torneo: primera ronda

Jugador	*Otros Jugadores*															*Puntuación media*
	TOMA Y DACA	*TIDE AND CHIER*	*NYDEG-GER*	*GROF-MAN*	*SHUBIK*	*STEIN AND RAP*	*FRIED-MAN*	*DAVIS*	*GRAAS-KAMP*	*DOWN-ING*	*FELD*	*JOSS*	*TUL-LOCK*	*Anó-nima*	*AZAR*	
1. TOMA Y DACA (Anatol Rapoport)	600	595	600	600	600	595	600	600	597	597	280	225	279	359	441	504
2. TIDEMAN & CHIERUZZI	600	596	600	601	600	596	600	600	310	601	271	213	291	455	573	500
3. NYDEGGER	600	595	600	600	600	595	600	600	433	158	354	374	347	368	464	486
4. GROFMAN	600	595	600	600	600	594	600	600	376	309	280	236	305	426	507	482
5. SHUBIK	600	595	600	600	600	595	600	600	348	271	274	272	265	448	543	481
6. STEIN & RAPOPORT	600	596	600	602	600	596	600	600	319	200	252	249	280	480	592	478
7. FRIEDMAN	600	595	600	600	600	595	600	600	307	207	235	213	263	489	598	473
8. DAVIS	600	595	600	600	600	595	600	600	307	194	238	247	253	450	598	472
9. GRAASKAMP	597	305	462	375	348	314	302	302	588	625	268	238	274	466	548	401
10. DOWNING	597	591	398	289	261	215	202	239	555	202	436	540	243	487	604	391
11. FELD	285	272	426	286	297	255	235	239	274	704	246	236	272	420	467	328
12. JOSS	230	214	409	237	286	254	213	252	244	634	236	224	273	390	469	304
13. TULLOCK	284	287	415	293	318	271	243	229	278	193	271	260	273	416	478	301
14. Anónima	362	231	397	273	230	149	133	173	187	133	317	366	345	413	526	282
15. RANDOM	442	142	407	313	219	141	108	137	189	102	360	416	419	300	450	276

TABLA 4
Los participantes: segunda ronda

Puesto	*Nombre del autor*	*País (de no ser EE. UU.)*	*Disciplina (si es profesor)*	*Lenguaje (FORTRAN o BASIC)*	*Longitud del programa*
1	Anatol Rapoport	Canada	Psicología	F	5
2	Danny C. Champion			F	16
3	Otto Borufsen	Noruega		F	77
4	Rob Cave			F	20
5	William Adams			B	22
6	Jim Graaskamp & Ken Katzen			F	23
7	Herb Weiner			F	31
8	Paul D. Harrington			F	112
9	T. Nicolaus Tideman & P. Chieruzzi		Economía	F	38
10	Charles Kluepfel			B	59
11	Abraham Getzler			F	9
12	Francois Leyvraz	Suiza		B	29
13	Edward White, Jr.			F	16
14	Graham Eatherley	Canada		F	12
15	Paul E. Black			F	22
16	Richard Hufford			F	45
17	Brian Yamauchi			B	32
18	John W. Colbert			F	63
19	Fred Mauk			F	63
20	Ray Mikkelson		Física	B	27
21	Glenn Rowsam			F	36
22	Scott Appold			F	41
23	Gail Grisell			B	10
24	J. Maynard Smith	Reino Unido	Biología	F	9
25	Tom Almy			F	142
26	D. Ambuelh & K. Kickey			F	23
27	Craig Feathers			B	48
28	Bernard Grofman		Ciencias políticas	F	27
29	Johann Joss	Suiza	Matemáticas	B	74
30	Jonathan Pinkley			F	64
31	Rudy Nydegger		Psicología	F	23
32	Robert Pebley			B	13
33	Roger Falk & James Langsted			B	117
34	Nelson Weiderman		Informática	F	18
35	Robert Adams			B	43
36	Robyn M. Dawes & Mark Batell		Psicología	F	29
37	George Lefevre			B	10
38	Stanley F. Quayle			F	44
39	R. D. Anderson			F	44

TABLA 4 *(Continuación)*
Los participantes: segunda ronda

Puesto	Nombre del autor	País (de no ser EE. UU.)	Disciplina (si es profesor)	Lenguaje (FORTRAN o BASIC)	Longitud del Programa
40	Leslie Downing		Psicología	F	33
41	George Zimmerman			F	36
42	Steve Newman			F	51
43	Martyn Jones	Nueva Zelanda		B	152
44	E.E.H. Shurmann			B	32
45	Henry Nussbacher			B	52
46	David Gladstein			F	28
47	Mark F. Batell			F	30
48	David A. Smith			B	23
49	Robert Leyland	Nueva Zelanda		B	52
50	Michael F. McGurrin			F	78
51	Howard R. Hollander			F	16
52	James W. Friedman		Economía	F	9
53	George Hufford			F	41
54	Rik Smoody			F	6
55	Scott Feld		Sociología	F	50
56	Gene Snodgrass			F	90
57	George Duisman			B	6
58	W. H. Robertson			F	54
59	Harold Rabbie			F	52
60	James E. Hall			F	31
61	Edward Friedland			F	84
62	RANDOM			F	(4)
63	Roger Hotz			B	14

La longitud se expresa como número de enunciados internos de la versión FORTRAN del programa. Las instrucciones condicionales cuentan aquí como dos enunciados internos, si bien fueron contadas como una única instrucción en el informe sobre la primera ronda.

Aunque la Tabla 5 puede darnos una idea de por qué una regla dada puntuó como lo hizo, los detalles son abrumadores. Así pues, para comprender los resultados es preciso un método más económico y sobrio. Afortunadamente, la regresión por pasos nos lo proporciona. Resulta que bastan cinco reglas para explicar muy bien cómo se desenvolvió cada una de las reglas dada con el total de las 63. Así pues, estas cinco reglas pueden ser consideradas como *representantes* del conjunto total, en el sentido de que las puntuaciones que alcanza con ellas una determinada regla permiten predecir la puntuación media que la regla alcanzará sobre el conjunto completo.

La fórmula de predicción de la puntuación en el torneo es: $T = 120{,}0 + (0{,}202)S_6 + (0{,}198)S_{30} + (0{,}110)S_{35} + (0{,}072)S_{46} + + (0{,}086)S_{27}$,
siendo T la puntuación predicha para una regla en el torneo, y siendo Sj la puntuación que esa regla alcanza con la j-ésima regla.

Esta estimación de los tanteos predichos en el torneo tuvieron una correlación con las verdaderas puntuaciones de $r = 0{,}979$ y de $r^2 = 0{,}96$. Significa esto que el 96 por ciento de la varianza de las puntuaciones del torneo queda explicada conociendo el rendimiento de las reglas con tan sólo cinco representantes.

TABLA 5
Puntuaciones en el torneo: segunda ronda

	Otros jugadores															
Jugador	1			11			21			31			41			51			61
1	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56555	56554	44452	442
2	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56555	56554	44552	442
3	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56555	56554	44443	452
4	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56555	56553	45542	352
5	66666	66566	66666	56546	66665	65656	66666	66656	66666	56545	36494	44542	442
6	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56555	46583	35232	353
7	66666	66566	66666	56546	66665	65656	66666	66656	66666	56555	56553	35272	253
8	55577	55555	55777	58558	75887	85455	45485	54888	58443	53758	53574	44543	452
9	66666	66566	66666	56556	66665	65656	66666	66656	66666	56455	56554	45232	272
10	66666	66566	66666	56546	66665	65656	66666	66656	66666	56554	56554	45342	352
11	66666	66566	66666	56536	66665	65656	66666	66656	66666	46534	56553	44552	342
12	66666	66566	66666	36546	66665	65646	66666	66656	66666	56555	56554	44553	242
13	66666	66466	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	56544	56354	44552	442
14	66666	66566	66666	56556	66664	64656	66666	66646	66666	56535	56453	43533	432
15	66666	66566	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	56544	56354	43532	232
16	55575	55555	54777	57557	75775	77757	43375	77777	47443	54757	42484	44222	452
17	66666	66466	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	56534	56253	45533	253
18	57557	55555	55777	57547	75777	77557	35577	77777	77743	57555	51572	44553	142
19	55674	54564	35777	57557	75777	77757	43473	77777	47443	55757	53573	44572	453
20	66666	66466	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	56534	56253	35532	252
21	66666	66566	66666	46556	66664	64646	66666	66646	66666	56534	56353	35332	252
22	66666	66566	66666	56556	66664	65646	66666	66656	66666	36535	56353	44422	242
23	66666	66466	66666	46556	66663	64656	66666	66646	66666	56535	56252	33533	443
24	66666	66466	66666	46556	66663	64656	66666	66646	66666	36554	56454	43433	332
25	55575	55555	55878	58558	75885	85255	55384	38848	28433	52745	52583	45243	242
26	66666	66466	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	56535	56353	34252	243
27	55575	55555	55777	57558	75874	75557	54373	75878	58434	53737	52353	44442	342
28	66666	66366	66666	46556	66663	65656	66666	66646	66666	56534	56353	35232	252
29	55575	55555	54777	57557	54775	75757	43473	77777	37343	53757	52474	55532	252
30	66666	66566	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	46524	56352	34233	242

TABLA 5 *(Continuación)*
Puntuaciones en el torneo: segunda ronda

	Otros Jugadores																			
Jugador	1			11			21			31			41			51			61	
31	66666	66466	66666	36546	66667	67626	66666	66676	66666	46534	56773	44242	242
32	66666	66566	66666	36536	66665	64636	66666	66646	66666	26433	26573	45242	252
33	66666	66566	66666	36536	66663	63646	66666	66636	66666	36453	46394	35222	252
34	66666	66466	66666	46556	66663	65656	66666	66646	66666	36534	56253	33233	253
35	66666	66566	66666	56536	66664	63636	66666	66656	66666	26432	26493	45252	252
36	66666	66466	66666	46556	66663	64656	66666	66646	66666	26534	56253	35232	253
37	66666	66466	66666	46556	66664	64656	66666	66646	66666	26532	56353	35222	273
38	66666	66466	66666	46556	66663	64656	66666	66646	66666	36524	56272	33233	273
39	55555	55455	55778	48558	55883	84855	54384	44858	38335	52738	72373	35232	252
40	66666	66466	66666	46556	66663	64656	66666	66646	66666	36534	56272	33233	253
41	66666	66566	66666	46546	66663	65646	66666	66646	66666	26433	36373	45252	242
42	66666	66466	66666	46556	66663	64646	66666	66646	66666	36524	56252	33223	252
43	66666	66466	66666	46546	66664	64636	66666	66636	66666	26433	46383	44222	242
44	66666	66566	66666	36546	66663	63626	66666	66626	66666	46434	46393	45222	242
45	66666	66566	66666	36536	66664	65636	66666	66676	66666	26433	36373	35232	252
46	57557	55555	45757	56757	54597	55754	42392	22959	29233	52755	52574	44252	442
47	66666	66366	66666	46546	66663	63636	66666	66636	66666	26333	36393	35232	253
48	55575	55545	55777	57557	75774	74757	43373	77744	44433	53555	52454	43433	332
49	55554	55555	35785	54553	45575	34358	43533	43848	38343	53557	53593	45572	352
50	55575	55454	55757	47557	75575	54757	43372	72747	37343	54745	72354	43232	442
51	55573	45555	55777	47557	75775	75757	32372	77744	35433	54555	52454	43432	332
52	66666	66366	66666	36536	66663	63636	66666	66636	66666	26332	26392	35222	253
53	55564	55555	55375	33543	35385	34243	55324	32333	24332	52758	72593	44532	242
54	55552	35455	55777	37557	75774	75757	44171	77444	57314	52525	51152	23413	131
55	44434	33544	35575	43533	44454	33347	43433	33737	38343	43535	42494	45342	353
56	55555	22544	45575	43542	34477	35348	44322	22424	45333	42725	52392	44233	442
57	44524	22712	44577	52442	24992	45114	42192	21929	39322	41829	81382	34923	442
58	45377	22433	55775	35647	35753	25247	42222	22222	23233	22542	52783	33533	253
59	55234	24532	55577	22552	24282	55224	43222	22222	33232	52838	82292	35853	252
60	22432	22742	27343	37522	33998	22235	42292	22828	28233	22722	32382	55982	542
61	44734	22734	34473	52742	23483	23222	42222	22222	23333	42724	72293	44223	253
62	44224	12212	45477	22422	24473	44212	32222	21123	32322	41724	51382	34223	142
63	33323	22533	34333	22522	23233	22233	42322	22222	23333	22333	32392	35232	252

Código:
1. menos que 100 puntos
2. 100-199,9 puntos
3. 200-299,9 puntos
4. 300-399,9 puntos
5. 400-452,9 puntos
6. Exactamente 453 puntos
7. 453,1-499,9 puntos
8. 500-599,9 puntos
9. 600 o más puntos

La victoria de TOMA Y DACA en el torneo puede ser explicada por los buenos rendimientos que obtuvo con la totalidad de los cinco representantes. Recordemos que 453 es la puntuación que se obtiene a

resultas de una cooperación mutua interminable. He aquí las puntuaciones que TOMA Y DACA alcanzó con los cinco representantes: $S_6 = 453$; $S_{30} = 453$; $S_{35} = 453$; $S_{46} = 452$; $S_{27} = 446$. Valiéndonos de estos valores como patrón de referencia, podemos apreciar cómo se desenvolvieron otras reglas en el torneo, comparando lo mejor (o peor) que les fue con las cinco representantes en relación con los resultados de TOMA Y DACA. Dichos resultados se muestran en la Tabla 6, y constituirán la base del resto del análisis de esta ronda. (Véase la tabla.)

La Tabla 6 facilita también las auténticas puntuaciones de cada regla, así como un resto, que es la diferencia entre la auténtica puntuación del torneo y la puntuación predicha. Fijémonos en que mientras que las puntuaciones del torneo cubren una gama de varios cientos de puntos, los restos suelen ser menores de 10 puntos, lo que demuestra nuevamente lo bien que las cinco representantes permiten explicar los rendimientos globales de las reglas. Otra interesante característica de los restos es que las reglas que encabezan la clasificación propenden a tener los restos positivos más grandes, lo que indica que los resultados que logran son superiores a los de casi todas las demás en los pocos aspectos del campeonato no cubiertos por las cinco representantes.

Podemos valernos ahora de las representantes para que nos ayuden a responder a las cuestiones fundamentales, a saber, qué fue lo que funcionó bien, y por qué.

La Tabla 6 muestra muy claramente la pauta, en las puntuaciones con las representantes. Las tres primeras representantes son reglas decentes. La totalidad de las reglas decentes alcanzó 453 puntos con cada una de estas tres, y por ello, las reglas decentes no perdieron puntos, en comparación con lo que la vencedora, TOMA Y DACA, alcanzó con ellas. Por lo general, las reglas no decentes no lograron con estas tres primeras representantes tan buenos resultados como TOMA Y DACA, como queda de manifiesto por la predominancia de los valores positivos sobre los negativos en estas columnas de la Tabla 6

Demos un ejemplo. La mejor de las reglas no decentes fue la presentàda por Paul Harrington, y quedó clasificada en octavo lugar. Dicha regla es una variante de TOMA Y DACA, y dispone de un método para saber si está tratando con AZAR, de un método para salir de las series de defecciones alternativas (efectos de eco), así como de un método para ver con qué puede quedarse. No coopera nunca en la ju-

TABLA 6
Rendimientos de las reglas: segunda ronda

		Rendimientos con los representantes (puntos perdidos respecto a TOMA Y DACA)					
Puesto	Puntuación	Regla *6*	*Rev. State Transition (30)*	Regla *35*	Tanteadora *(46)*	Tranquilizadora *(27)*	Resto
1	434.73	0	0	0	0	0	13.3
2	433.88	0	0	0	12.0	2.0	13.4
3	431.77	0	0	0	0	6.6	10.9
4	427.76	0	0	0	1.2	25.0	8.5
5	427.10	0	0	0	15.0	16.6	8.1
6	425.60	0	0	0	0	1.0	4.2
7	425.48	0	0	0	0	3.6	4.3
8	425.46	1.0	37.2	16.6	1.0	1.6	13.6
9	425.07	0	0	0	0	11.2	4.5
10	425.94	0	0	0	26.4	10.6	6.3
11	422.83	0	0	0	84.8	10.2	8.3
12	422.66	0	0	0	5.8	−1.2	1.5
13	419.67	0	0	0	27.0	61.4	5.4
14	418.77	0	0	0	0	50.4	1.6
15	414.11	0	0	0	9.4	52.0	−2.2
16	411.75	3.6	−26.8	41.2	3.4	−22.4	−11.5
17	411.59	0	0	0	4.0	61.4	−4.3
18	411.08	1.0	−2.0	−.8	7.0	−7.8	−10.9
19	410.45	3.0	−19.6	171.8	3.0	−14.2	3.5
20	410.31	0	0	0	18.0	68.0	−4.0
21	410.28	0	0	0	20.0	57.2	−4.9
22	408.55	0	0	0	154.6	31.8	.9
23	408.11	0	0	0	0	67.4	−7.6
24	407.79	0	0	0	224.6	56.0	7.2
25	407.01	1.0	2.2	113.4	15.0	33.6	2.5
26	406.95	0	0	0	0	59.6	−9.4
27	405.90	8.0	−18.6	227.8	5.6	14.0	8.9
28	403.97	0	0	0	3.0	1.4	−17.2
29	403.13	4.0	−24.8	245.0	4.0	−3.0	4.4
30	402.90	0	0	0	74.0	54.4	−8.6
31	402.16	0	0	0	147.4	−10.0	−9.6
32	400.75	0	0	0	264.2	52.4	2.7
33	400.52	0	0	0	183.6	157.4	5.7
34	399.98	0	0	0	224.6	41.6	-1.9
35	399.60	0	0	0	291.0	204.8	16.8
36	399.31	0	0	0	288.0	61.4	3.7

TABLA 6 *(Continuación)*
Rendimiento de las reglas: segunda ronda

		Rendimientos con los representantes (puntos perdidos respecto a TOMA Y DACA)					
Puesto	*Puntuación*	*Regla 6*	*Rev. State Transition (30)*	*Regla 35*	*Tanteadora (46)*	*Tranquilizadora (27)*	*Resto*
37	398.13	0	0	0	294.0	58.4	2.7
38	397.70	0	0	0	224.6	84.8	−.4
39	397.66	1.0	2.6	54.4	2.0	46.6	−13.0
40	397.13	0	0	0	224.6	72.8	−2.0
41	395.33	0	0	0	289.0	−5.6	−6.0
42	394.02	0	0	0	224.6	74.0	−5.0
43	393.01	0	0	0	282.0	55.8	−3.5
44	392.54	0	0	0	151.4	159.2	−4.4
45	392.41	0	0	0	252.6	44.6	−7.2
46	390.89	1.0	73.0	292.0	1.0	−.4	16.1
47	389.44	0	0	0	291.0	156.8	2.2
48	388.92	7.8	−15.6	216.0	29.8	55.2	−3.5
49	385.00	2.0	−90.0	189.0	2.8	101.0	−24.3
50	383.17	1.0	−38.4	278.0	1.0	61.8	−9.9
51	380.95	135.6	−22.0	265.4	26.8	29.8	16.1
52	380.49	0	0	0	294.0	205.2	−2.3
53	344.17	1.0	199.4	117.2	3.0	88.4	−17.0
54	342.89	167.6	−30.8	385.0	42.4	29.4	−3.1
55	327.64	241.0	−32.6	230.2	102.2	181.6	−3.4
56	326.94	305.0	−74.4	285.2	73.4	42.0	−7.5
57	309.03	334.8	74.0	270.2	73.0	42.2	8.4
58	304.62	274.0	−6.4	290.4	294.0	6.0	−9.3
59	303.52	302.0	142.2	271.4	13.0	−1.0	1.8
60	296.89	293.0	34.2	292.2	291.0	286.0	18.8
61	277.70	277.0	262.4	293.0	76.0	178.8	17.0
62	237.22	359.2	261.8	286.0	114.4	90.2	−12.6
63	220.50	311.6	249.0	293.6	259.0	254.0	−16.2

gada n.º 37, ni a partir de ahí, con probabilidad cada vez mayor, a menos que el otro jugador replique inmediatamente con una defección a una de estas defecciones suyas; en tal caso, nunca vuelve a no cooperar aleatoriamente. No logro tan buenos resultados como TOMA Y DACA con ninguna de las cinco representantes; con la que más su-

frió fue con la segunda. Obtuvo con ella 37,2 puntos menos que TOMA Y DACA. Esta segunda representante es la llamada REVISED STATE TRANSITION, que es la modificación de una regla suplementaria de la primera ronda, y que fue presentada a la segunda ronda por Jonathan Pinkley. REVISED STATE TRANSITION confecciona un modelo del otro jugador mediante una cadena de Markov de un paso. El principio que inspira sus decisiones es el de hacer máximos sus ingresos a largo plazo, admitiendo que el modelo sea correcto. Conforme la regla de Harrington dejaba de cooperar más y más frecuentemente, la regla REVISED STATE TRANSITION continuaba llevando una estimación actualizada de la probabilidad de que el otro cooperase después de producirse cada uno de los cuatro posibles resultados. Por fin, REVISED STATE TRANSITION llegó a determinar que no valía la pena cooperar tras la explotación de la otra regla, y poco después también decidió que ni siquiera valía la pena cooperar tras la cooperación por ambas partes [1].

Así pues, incluso aunque la otra regla esté dispuesta a tolerar ciertas defecciones, una vez rebasado el límite de tolerancia, resulta difícil convencerla de que nos hemos enmendado. Auque algunas de las otras reglas no decentes se las arreglaron para lograr más que TOMA Y DACA con REVISED STATE TRANSITION, estas reglas propendieron a lograr mucho menos con algunas de las otras representantes.

Las cinco representantes pueden servir no sólo para analizar los resultados de la segunda ronda del torneo, sino también, para construir hipotéticas variantes de él. Ello se consigue asignándole un peso relativo diferente a cada uno de los tipos de reglas participantes. Imaginemos que cada una de las representantes lo sea de un gran distrito electoral. Estos cinco distritos, más la suma de los restos, que no tiene representación, explican perfectamente el rendimiento de cada regla del torneo. Los representantes permiten investigar qué hubiera ocurrido si uno de los distritos hubiera sido mucho mayor de lo que realmente fue. Concretamente, los torneos hipotéticos son los que hubieran resultado de haber sido uno de los distritos cinco veces más grande de lo que realmente era. Dado que hay seis distritos, tendremos así seis torneos hipotéticos. Cada uno de estos torneos hipotéticos supone una importante variación del torneo original, pues quin-

[1] El programa REVISED STATE TRANSITION contenía un error, por lo cual no siempre funcionó como se pretendía. No obstante, funcionó bien como estrategia representativa, al proporcionar un interesante reto para las demás participantes.

tuplica el tamaño de uno u otro de los distritos electorales. Y cada uno de ellos representa una variación de distinto tipo, pues cada uno está fundado en la amplificación del efecto de un aspecto diferente del medio de una regla[2].

En realidad, las puntuaciones alcanzadas en estos torneos hipotéticos se corresponden francamente bien con las del torneo original. Aun si los restos fueran cinco veces mayores de lo que realmente fueron, las puntuaciones del torneo tendrían todavía una correlación de 0,82 con las del torneo real. Y si el distrito electoral de una cualquiera de las cinco representantes fuera cinco veces mayor de lo que realmente fue, las puntuaciones del torneo tendrían todavía una correlación comprendida entre 0,90 y 0,96 con las verdaderas puntuaciones alcanzadas realmente en la segunda ronda. Significa esto que los resultados globales hubieran permanecido francamente estables aun cuando las distribuciones por tipos de las reglas presentadas hubieran sido muy diferentes de las que fueron. Por tanto, los resultados generales de la segunda ronda son verdaderamente robustos.

Pasemos ahora del torneo como un todo a la identidad del vencedor, y preguntémonos cómo le hubiera ido a TOMA Y DACA en estos seis torneos hipotéticos. La respuesta es que todavía hubiera quedado en primera posición en cinco de los seis torneos hipotéticos. Se trata de un resultado muy fuerte, pues hace ver que TOMA Y DACA hubiera seguido siendo la mejor de las reglas presentadas incluso con variaciones muy amplias del medio al que habría de encararse.

La única excepción al éxito de TOMA Y DACA en los torneos hipotéticos es muy interesante. De haber sido el electorado de REVISED STATE TRANSITION cinco veces mayor de lo que realmente fue, TOMA Y DACA habría quedado en segundo lugar. El primer puesto hubiera sido para una regla que tan solo alcanzó el puesto 49 en el verdadero

---

[2] He aquí cómo se calculan las puntuaciones de los torneos hipotéticos. A fin de hacer al «electorado» de cada regla representante cinco veces mayor de lo que realmente era, sea $T' = T + 4cs$, donde T' es la puntuación en el nuevo torneo, T es la puntuación en el torneo original, c es el coeficiente de la ecuación de regresión correspondiente a la representante cuyo efecto hay que amplificar, y s es la puntuación alcanzada por la regla dada con esa representante. Es preciso observar que la noción de «electorado» de una representante se define de este modo, y que una regla típica forma parte del electorado de varias representantes. El torneo hipotético en el cual los restos reciben pesos adicionales se construye de modo análogo, tomando $T' = T + 4r$, siendo r el resto en la ecuación de regresión correspondiente a la puntuación de una regla dada.

torneo. Tal regla fue presentada por Robert Leyland, de Auckland, Nueva Zelanda. Es de inspiración similar a la de la TRANQUILIZADORA, pues aunque comienza actuando cooperativamente, más tarde prueba a ver con qué puede quedarse. Como podemos ver en la Tabla 6, la regla de Leyland quedó en el puesto 49 por culpa de los malos resultados que obtuvo con REVISED STATE TRANSITION y con la TRANQUILIZADORA. En cambio, logró 90 puntos más que TOMA Y DACA con REVISED STATE TRANSITION por haber podido abusar ampliamente de ella en las cooperaciones iniciales. Si el distrito electoral de REVISED STATE TRANSITION hubiera sido cinco veces mayor de lo que verdaderamente fue, la verdad es que la regla de Leyland hubiera logrado mejores resultados que TOMA Y DACA, o que cualquier otra de las reglas presentadas al torneo en su conjunto.

El hecho de que TOMA Y DACA ganara en cinco de las seis principales variaciones del torneo, y quedase segunda en la sexta revela que la victoria de TOMA Y DACA fue, verdaderamente, muy robusta.

Apéndice B
DEMOSTRACION DE LAS PROPOSICIONES DE CARACTER TEORICO

En este apéndice se revisan las proposiciones teóricas, y se proporcionan las demostraciones que no se han ofrecido en el texto. Se facilita también un resultado teórico que caracteriza a la totalidad de las estrategias colectivamente estables.

El Dilema del Prisionero se define como un juego bipersonal en el que cada jugador puede cooperar *(C)* o defraudar *(D)*. Si ambos cooperan, ambos alcanzan la recompensa R. Si ninguno lo hace, los dos reciben el castigo, o penalización, P. Si uno coopera, y el otro no lo hace el primero recibe el pago del ingenuo, I, mientras que el otro logra la tentación, T. Los pagos han de estar ordenados $T > R > P > I$, y verificar, además, $R\ (T + I\ )/2$. La matriz del juego, provista de valores representativos, se muestra en la Figura 1 del capítulo 1 (véase p. 20). En la versión iterativa del Dilema, cada jugada vale menos que la jugada que la precedió, según un coeficiente W, $0 < W < 1$. Así pues, en el juego iterativo, la remuneración acumulada que recibe cada jugador, si ambos cooperan siempre, es $R + WR + W^2R... = R/(1 - W)$.

Una estrategia es una función dependiente del historial completo del juego hasta el momento, cuyo valor es la probabilidad de cooperar en la jugada en curso. Una estrategia típica es TOMA Y DACA, que

es seguro que va a cooperar en la primera jugada, y que después hace siempre lo que el otro jugador hiciera en la jugada precedente. En general $V(A / B)$ denota el valor (o puntuación) de la estrategia A al interactuar con la estrategia B. Se dice que la estrategia A invade a una población formada por jugadores que utilizan la estrategia B si $V(A \mid B) > V(B \mid B)$. Se dice que B es colectivamente estable si no existe ninguna estrategia capaz de invadirla.

La primera proposición nos da la triste noticia de que si el futuro reviste suficiente importancia, no existe para el Dilema del Prisionero iterativo ninguna estrategia óptima.

PROPOSICION 1. Si el parámetro de actualización, W, es lo suficientemente grande, no existe una estrategia óptima, independiente de la aplicada por el otro jugador.

La *demostración* se da en el capítulo 1.

La segunda proposición afirma que si todo el mundo está aplicando TOMA Y DACA, y si el futuro reviste suficiente importancia, nadie podrá lograr mejores resultados cambiándose a otra estrategia.

PROPOSICION 2. La condición necesaria y suficiente para que TOMA Y DACA sea colectivamente estable es que W sea por lo menos tan grande como el mayor de los números $(T - R)/(T - P)$ *y* $(T - R)/(R - I)$.

Demostración: Se demostrará primero que esta proposición equivale a afirmar que la condición necesaria y suficiente para que TOMA Y DACA sea colectivamente estable es que no se deje invadir ni por SIEMPRE D ni por la estrategia de ir alternando defección y cooperación. Una vez demostrada la equivalencia de las dos formulaciones, se demostrarán las dos implicaciones de la formulación segunda.

Decir que SIEMPRE D no puede invadir a TOMA Y DACA significa que $V(\text{SIEMPRE D} \mid TYD) \leq (TYD \mid TYD)$. Cuando SIEMPRE D se encuentra con TOMA Y DACA, consigue T en la primera jugada, y P a partir de ese momento, y por ello, V (SIEMPRE D $\mid TYD) = T + WP/(1 - W)$. Dado que TOMA Y DACA coopera siempre con su gemela, $V(TYD \mid TYD) = R + WR + W^2 R... = R/(1 - W)$. Así pues, SIEMPRE D no podrá invadir a TOMA y DACA si $T + WP/(1 - W) \leq R/(1 - W)$; es decir, si $T(1 - W) + WP \leq R$, o sea, si $T - R \leq W(T - P)$, o lo que es igual, si $W \geq (T - R)/(T - P)$. Análogamente, decir que la alternancia de

D y C no puede invadir a TOMA Y DACA significa que $(T + WI)/(1 - W^2) \leqslant R/(1 - W)$, o sea, que $(T - R)/(R - I) \leqslant W$. Así pues, decir que $W \geqslant (T - R)/(T - P) - P)$ y que $W \geqslant (T - R)/(R - I)$ equivale a decir que TOMA Y DACA no se deja invadir ni por SIEMPRE D ni por la estrategia de ir alternando defección y cooperación. Lo cual demuestra que las dos formulaciones son equivalentes.

Se demostrarán ahora las dos implicaciones correspondientes a la segunda formulación. Una de las implicaciones queda establecida por la sencilla observación de que si TOMA Y DACA es una estrategia colectivamente estable, ninguna regla podrá invadirla, y tampoco, en particular, ninguna de las dos especificadas. La otra implicación a establecer es que si ni SIEMPRE D ni la alternancia de D y C pueden invadir a TOMA Y DACA, entonces tampoco podrá hacerlo ninguna otra regla. TOMA Y DACA, solamente tiene dos estados, que dependen de lo que el otro jugador hiciera en la jugada precedente (en la primera jugada lo que hace es suponer, en efecto, que el otro jugador acaba de cooperar). Así pues, si A está interactuando con TOMA Y DACA, lo mejor que una estrategia cualquiera, A, puede hacer después de optar por C es elegir C o D. Análogamente, lo mejor que puede hacer A después de optar por D es elegir C o D. Se tienen así cuatro posibilidades para la conducta de máximo rendimiento de A con TOMA Y DACA: sucesiones repetidas de CC, CD, DC o DD. La primera hace lo mismo que TOMA Y DACA con otro TOMA Y DACA. La segunda no puede lograr más que la primera ni que la tercera. Se deduce de aquí que si las posibilidades tercera y cuarta son incapaces de invadir a TOMA Y DACA, ninguna estrategia podrá. Las dos estrategias mencionadas son equivalentes a la Alternancia de D y C, y a SIEMPRE D, respectivamente. Por consiguiente, si ninguna de estas dos puede invadir a TOMA Y DACA, ninguna otra podrá, y por tanto, TOMA Y DACA será colectivamente estable. Lo cual completa la demostración.

Una vez estudiado cuando es TOMA Y DACA colectivamente estable, el gran paso a dar seguidamente es la caracterización de todas las estrategias colectivamente estables. La caracterización de todas las estrategias colectivamente estables se basa en la idea de que se puede impedir la invasión si la regla común deja al invasor potencial peor librado que si hubiera seguido la estrategia de todos. La regla B puede evitar ser invadida por la regla A si B puede estar segura de que independientemente de lo que A haga más tarde, B logrará mantener

suficientemente baja la puntuación de A. Lo cual sugiere una útil definición: se dice que B tiene en la n-ésima jugada una *posición segura* sobre A cuando, independientemente de lo que A pueda hacer desde la n-ésima jugada en adelante, $V(A \mid B) \leqslant V(B \mid B)$, supuesto que B no coopere a partir de la n-ésima jugada. Denotemos por $V_n(A \mid B)$ la puntuación acumulada y descontada alcanzada por A en las jugadas anteriores a la n-ésima. Entonces, un modo de decir que B tiene una posición segura sobre A en la jugada n-ésima es decir que

$$V_n(A \mid B) + W^{n-1} P/(1 - W) \leqslant V(B \mid B)$$

dado que lo más que A puede lograr desde la jugada n-esima en adelante, si B nunca coopera, es recibir P cada vez.

El teorema siguiente da cuerpo al consejo de que si se desea aplicar una estrategia colectivamente estable, tan sólo se debe cooperar cuando sea posible permitirse una explotación por parte del otro jugador, sin que ello suponga el perder la posición segura propia.

El teorema de caracterización. La condición necesaria y suficiente para que la estrategia B sea colectivamente estable, es que B no coopere en la jugada n-ésima siempre que la puntuación acumulada hasta ese momento por el otro jugador sea demasiado grande, específicamente, cuando $V_n(A \mid B) > V(B \mid B) - W^{n-1}[T + WP/(1 - W)]$.

La *demostración* puede verse en Axelrod (1981).

El teorema de caracterización es relevante para la determinación de conductas, pues especifica lo que debe hacer en un instante dado una estrategia, B, en función del historial de la interacción hasta ese momento, para lograr que B sea una estrategia colectivamente estable [1]. El teorema da una caracterización completa, pues la condición enunciada en él es necesaria y suficiente para que B sea colectivamente estable.

Podemos deducir del teorema otras dos consecuencias referentes a las estrategias colectivamente estables. Primera, que en tanto el otro jugador no haya acumulado un tanteo excesivamente alto, la estrategia tiene libertad para cooperar, o para no hacerlo, y seguir siendo colectivamente estable. Tal libertad explica por qué, típicamente, existe un gran número de estrategias colectivamente estables. La segunda consecuencia es que las reglas decentes (las que nunca son las prime-

[1] Para ser exactos, $V(B \mid B)$ también tiene que ser especificado por adelantado. Por ejemplo, si B nunca es la primera en no cooperar, $V(B \mid B) = R/(1 - W)$.

ras en no cooperar) serán las que más libertad tengan, dado que alcanza la máxima puntuación posible cuando juegan con una regla idéntica. Dicho de otro modo, las reglas decentes pueden permitirse ser más generosas que otras con los potenciales invasores, debido a lo bueno de los resultados que las reglas decentes logran al interactuar unas con otras.

La Proposición 2 demostró que TOMA Y DACA solamente era colectivamente estable cuando el futuro era los suficientemente importante. En la próxima proposición se utiliza el teorema de caracterización para demostrar que esta conclusión es, en realidad, sumamente general. En realidad, es válida para cualquier estrategia que pueda ser la primera en cooperar.

PROPOSICION 3. Cualquier estrategia, B, que pueda ser la primera en cooperar, podrá ser colectivamente estable, pero sólo si el valor de w es lo suficientemente grande.

Demostración. Si B coopera en la primera jugada V(SIEMPRE D | B) $\geq T + WP/(1 - W)$. Ahora, para cualquier B, $R/(1 - W) \geq V(B/B)$, dado que R es lo más que B puede lograr al interactuar con otra B, a causa de la hipótesis definitoria del Dilema del Prisionero, de que $R > P$ y $R > (S + T)/2$. Así pues, se da V(SIEMPRE D | B) $> V(B/B)$ siempre que $T + WP/(1 - W) > R(1 - W)$. Se deduce de aquí que SIEMPRE D invadirá a una B que coopere en la primera jugada siempre que $W < (T - R)/(T P)$. Si B tiene una probabilidad positiva de cooperar en la primera jugada, la ganancia de V(SIEMPRE D | B) sobre $V_1(B \mid B)$ tan solo podrá quedar compensada cuando W sea suficientemente grande. Análogamente, si B no va a ser la primera en cooperar hasta la jugada n, V_n(SIEMPRE D | B) = $V_n(B \mid B)$, y la ganancia de V_{n+1} (SIEMPRE D | B) sobre $V_{n+1}(B \mid B)$ solamente puede quedar anulada si W es lo suficientemente grande.

Como ya hicimos notar anteriormente, una de las consecuencias del teorema de caracterización es que son las reglas decentes las que disponen de mayor libertad de acción.

Sin embargo, tal libertad no es ilimitada, como demuestra el teorema siguiente. En efecto, es preciso que las reglas decentes *sean provocadas* por la primera defección del otro jugador, es decir, deben tener una probabilidad positiva de represaliar defraudando por su parte.

PROPOSICION 4. Para que una estrategia decente sea colectivamente estable es necesario que sea provocada por la primera defección del otro jugador.

Demostración. Si una estrategia decente no fuera provocada por una defección en la *n*-ésima jugada, no sería colectivamente estable, pues podría ser invadida por una regla que solamente no cooperara en la *n*-ésima jugada.

Existe una estrategia que *siempre* es colectivamente estable, o sea, que lo es con independencia del valor de *W* o de los parámetro *T, R, P* ϵ *I.* Tal estrategia es SIEMPRE D, la regla que nunca coopera, independientemente de lo que haga el otro.

PROPOSICION 5. SIEMPRE D es siempre colectivamente estable.

Demostración. SIEMPRE D es colectivamente estable porque nunca coopera, y por consiguiente, no coopera cuando lo exige la condición enunciada en el teorema de caracterización.

La proposición anterior dice que un mundo de «malvados» puede resistir a la invasión de cualquiera que se valga de otra estrategia, sea ésta cual fuere, —siempre y cuando los recién llegados vayan llegando de uno en uno—. Así pues, a fin de poner en marcha la evolución de la cooperación, los recién llegados tienen que llegar apiñados. Suponiendo que los nuevos jugadores *A* sean pocos con relación a los *B* ya establecidos, el apiñamiento de los *A* puede hacer que éstos constituyan una parte importante del ambiente de cada uno de ellos, y sin embargo, una parte despreciable del ambiente de los *B.* Así pues, se dice que un *p-apiñamiento de A invade a B* si $pV(A \mid A) + (1 - p)\, V\,(B \mid B) > V(B \mid B)$, siendo *p* la proporción de interacciones que un jugador que aplique la estrategia *A* tiene con otros como él. Al despejar *p,* vemos que la invasión es posible si los recién llegados interactúan suficientemente unos con otros.

Fijémonos en que ello significa que los emparejamientos para las interacciones no son aleatorios. Si los emparejamientos fuesen aleatorios, sería muy raro que un *A* se tropezase con otro *A.* La noción de apiñamiento, por el contrario, trata el caso en que los *A* son parte trivial del entorno de los *B,* pero, en cambio, no son parte trivial del ambiente de los otros *A.*

En el Capítulo 3 se dieron ejemplos numéricos para demostrar que la invasión por grupos apiñados puede, en realidad, ser sorprendentemente fácil. Por ejemplo, con los valores típicos de los paráme-

tros, $T = 5$, $R = 3$, $P = 1$ e $I = 0$, y con $W = 0{,}9$, un grupo apiñado de TOMA Y DACA puede invadir a una población de malvados incluso aunque solo tengan lugar con otros miembros de su grupo el 5 por ciento de sus interacciones.

Podríamos preguntarnos qué sucederá cuando el número de los recién llegados crezca tanto que ya no sean parte despreciable del ambiente de los nativos. Conforme va creciendo la población de recién llegados, va siendo menos imperativa la necesidad de evitar la mezcolanza al azar. Suponiendo que se haya producido la mezcolanza al azar, y que el porcentaje de recién llegados sea del q por ciento, los recién llegados lograrán mejores resultados que los nativos siempre que $qV(A \mid A) + (1 - q)V\ (A \mid B) > qV(B \mid A) + (1 - q)V(B \mid A)$. Aplicado al caso de la invasión de SIEMPRE D por un grupo apiñado de TOMA Y DACA, y con los valores de pagos típicos, se obtiene el modesto requisito de que $q > 1/17$. Así pues, los recién llegados pueden prosperar en una mezcla aleatoria en cuanto sean un modesto tanto por ciento de la población completa.

Cronológicamente, la historia comienza con un apiñamiento que es una proporción despreciable de la población completa. La nueva estrategia puede llegar a establecerse siempre que sus miembros tengan una probabilidad p, aunque sea pequeña, de encontrarse unos con otros. Después, en cuanto la nueva estrategia empieza a prosperar, su dependencia del apiñamiento va haciéndose menor. Finalmente, cuando el número de sus miembros llegan a ser al menos unos pocos puntos por ciento, q, del total de la población, la estrategia puede continuar prosperando incluso con mezcolanza totalmente aleatoria.

El resultado siguiente muestra cuáles son las estrategias más eficientes para invadir a SIEMPRE D con mínimo apiñamiento. Son éstas las estrategias más capaces de distinguir entre sí mismas y SIEMPRE D. Se dice que un estrategia es *maximalmente discriminante* si llegará a cooperar alguna vez, aunque el otro no lo haya hecho nunca hasta entonces, que una vez que coopera, nunca vuelve a hacerlo con SIEMPRE D; en cambio, cooperará siempre con otro jugador que utilice su misma estrategia.

PROPOSICION 6. Las estrategias capaces de invadir a SIEMPRE D en apiñamientos de mínimo valor de p son las estrategias maximalmente discriminantes, como TOMA Y DACA.

Demostración. Para poder invadir a SIEMPRE D, la estrategia ha de tener una probabilidad positiva de ser la primera en cooperar. La

cooperación estocásticamente determinada no es tan buena como la cooperación determinista con otro jugador que utilice la misma regla, dado que la cooperación estocástica da iguales probabilidades de I y T, y en el Dilema del Prisionero, $(T + I)/2 < R$. Por consiguiente, una estrategia capaz de invadir con el mínimo valor de p tiene que ser la primera en cooperar, en alguna jugada, n, incluso aunque el otro jugador no haya cooperado nunca hasta entonces. La definición de lo necesario para que un p-apiñamiento de A logre invadir a B, implica que las reglas que invaden a B = SIEMPRE D con mínimo valor de p son aquellas que tienen el mínimo valor de p^*, siendo $p^* = [V(B|B) - V(A|B)]/[V(A|A) - V(A|B)]$. El valor de p^* se hace mínimo cuando $V(A|A)$ y $V(A|B)$ se hacen máximas (sujetas a la condición de que A coopere por primera vez en la n-ésima jugada) dado que $V(A|A) > V(B|B) > V(A|B)$. Sujetos a esta condición, $V(A|A)$ y $V(A/B)$ alcanzan sus valores máximos si, y solamente si, A es una regla maximalmente discriminante (Incidentalmente, para la determinación del valor mínimal de p no importa cuando empieza A a cooperar). TOMA Y DACA es una estrategia de estas características, porque coopera siempre para $n = 1$, coopera solamente una vez con SIEMPRE D, y coopera siempre con otra TOMA y DACA.

La proposición siguiente pone de manifiesto que las reglas decentes (las que nunca son las primeras en defraudar) son verdaderamente más capaces que otras de defenderse de la invasión de grupos apiñados.

PROPOSICION 7. Si es imposible que un solo individuo pueda invadir a una estrategia decente, tampoco podrán invadirla grupos apiñados de individuos.

Demostración: Para que un grupo de individuos que obedezcan a la regla A pueda invadir una población de regla B, tiene que haber un $p \leq 1$ tal que $pV(A|A) + (1 - p)V(A|B) > V(B|B)$. Pero si B es decente, $V(A|A) \leq V(B|B)$. Así sucede porque $V(B|B) = R/(1 - W)$, que es el máximo valor alcanzable cuando el otro jugador está utilizando la misma estrategia. Es el valor máximo dado que $R > (I + T)/2$. Dado que $V(A|A) \geq V(B|B)$, A tan sólo podrá invadir en grupos apiñados si $V(A|B) > V(B|B)$. Pero ello equivale a que A tenga capacidad de invasión individual.

El resultado final se refiere a sistemas territoriales, en los cuales los jugadores solamente interactúan con sus vecinos. En cada generación, cada jugador recibe una puntuación de éxito, que es el pro-

medio de los tanteos que alcanza con sus vecinos. Entonces, si un jugador tiene uno o varios vecinos que alcancen mayores éxitos que él, el jugador se convierte a la estrategia del más próspero de ellos (o elige al azar entre los mejores, en el caso de empates).

Las nociones de invasión y de estabilidad se generalizan a sistemas territoriales, del modo siguiente. Supongamos que un sólo individuo, que utilice la estrategia *A* sea introducido en uno de los emplazamientos de una población donde todos los demás están utilizando la estrategia *B*. Se dice que *A invade territorialmente* a *B* si cada una de las regiones del territorio acabará, eventualmente, convirtiéndose a la estrategia *A*. Entonces podemos decir que la estrategia *B* es *territorialmente estable* si ninguna estrategia puede invadirla territorialmente.

Se deduce de aquí un fuerte resultado.

PROPOSICION 8. Si una regla es colectivamente estable, también es territorialmente estable.

Dimos en el Capítulo 8 una demostración para sistemas territoriales basados en una retícula rectangular. La demostración se generaliza inmediatamente a cualquier sistema territorial que no esté excesivamente interconectado. Específicamente, el teorema es válido para cualquier sistema que tenga la propiedad de que para cada punto exista una vecina de un vecino que no sea vecino del punto original.

Este hecho demuestra que la protección de la invasión resulta por lo menos tan fácil en un sistema territorial como en un sistema de libre mezcolanza. Como aplicación importante tenemos que la mutua cooperación puede sostenerse en un sistema territorial (no excesivamente interconectado) con la misma facilidad, cuando menos, como en un sistema de libre mezcolanza.

BIBLIOGRAFIA

Acton, Thomas. 1974. *Gypsy Politics and Social Change: The Development of Ethnic Ideology and Pressure Politics among British Gypsies from Victorian Reformism to Romany Nationalism.* London: Routledge & Kegan Paul.
Alexander, Martin. 1971. *Microbial Ecology.* New York: Wiley.
Alexander, Richard D. 1974. "The Evolution of Social Behavior." *Annual Review of Ecology and Systemics* 5:325–83.
Allison, Graham T. 1971. *The Essence of Decision.* Boston: Little, Brown.
Art, Robert J. 1968. *The TFX Decision: McNamara and the Military.* Boston: Little, Brown.
Ashworth, Tony. 1980. *Trench Warfare, 1914–1918: The Live and Let Live System.* New York: Holmes & Meier.
Axelrod, Robert. 1970. *Conflict of Interest, A Theory of Divergent Goals with Applications to Politics.* Chicago: Markham.
———. 1979. "The Rational Timing of Surprise." *World Politics* 31:228–46.
———. 1980*a*. "Effective Choice in the Prisoner's Dilemma." *Journal of Conflict Resolution* 24:3–25.
———. 1980*b*. "More Effective Choice in the Prisoner's Dilemma." *Journal of Conflict Resolution* 24:379–403.
———. 1981. "The Emergence of Cooperation Among Egoists." *American Political Science Review* 75:306–18.
Axelrod, Robert, and William D. Hamilton. 1981. "The Evolution of Cooperation." *Science* 211:1390–96.
Baefsky, P., y S. E. Berger. 1974. "Self-Sacrifice, Cooperation and Aggression in Women of Varying Sex-Role Orientations." *Personality and Social Psychology Bulletin* 1:296–98.
Becker, Gary S. 1976. "Altruism, Egoism and Genetic Fitness: Economics and Sociobiology." *Journal of Economic Literature* 14:817–26.
Behr, Roy L. 1981. "Nice Guys Finish Last—Sometimes." *Journal of Conflict Resolution* 25:289–300.
Belton Cobb, G. 1916. *Stand to Arms.* London: Wells Gardner, Darton & Co.
Bethlehem, D. W. 1975. "The Effect of Westernization on Cooperative Behavior in Central Africa." *International Journal of Psychology* 10:219–24.
Betts, Richard K. 1982. *Surprise Attack: Lessons for Defense Planning.* Washington, D.C.: Brookings Institution.
Black-Michaud, Jacob. 1975. *Cohesive Force: Feud in the Mediterranean and Middle East.* Oxford: Basil Blackwell.

Blau, Peter, M. 1968. "Interaction: Social Exchange." En *International Encyclopedia of the Social Sciences,* volumen 7, pp. 452-57. New York: Macmillan and Free Press.

Bogue, Allan G., and Mark Paul Marlaire. 1975. "Of Mess and Men: The Boardinghouse and Congressional Voting, 1821–1842." *American Journal of Political Science* 19:207–30.

Boorman, Scott, y Paul R. Levitt. 1980. *The Genetics of Altruism.* New York: Academic Press.

Brams, Steven J. 1975. "Newcomb's Problem and the Prisoner's Dilemma." *Journal of Conflict Resolution* 19:596–612.

Buchner, P. 1965. *Endosymbiosis of Animals with Plant Microorganisms.* New York: Interscience.

Calfee, Robert. 1981. "Cognitive Psychology and Educational Practice." En D. C. Berliner, ed., *Review of Educational Research,* 3–73. Washington, D.C.: American Educational Research Association.

Caullery, M. 1952. *Parasitism and Symbiosis.* London: Sedgwick and Jackson.

Chase, Ivan D. 1980. "Cooperative and Noncooperative Behavior in Animals." *American Naturalist* 115:827–57.

Clarke, Edward H. 1980. *Demand Revelation and the Provision of Public Goods.* Cambridge, Mass.: Ballinger.

Cyert, Richard M., and James G. March. 1963. *A Behavioral Theory of the Firm.* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Dawes, Robyn M. 1980. "Social Dilemma." *Annual Review of Psychology* 31:169–93.

Dawkins, Richard. 1976. *The Selfish Gene.* Oxford: Oxford University Press.

Downing, Leslie L. 1975. "The Prisoner's Dilemma Game as a Problem-Solving Phenomenon: An Outcome Maximizing Interpretation." *Simulation and Games* 6:366–91.

Dugdale, G. 1932. *Langemarck and Cambrai.* Shrewsbury, U.K.: Wilding and Son.

Elster, Jon. 1979. *Ulysses and the Sirens, Studies in Rationality and Irrationality.* Cambridge: Cambridge University Press.

Emlen, Steven T. 1978. "The Evolution of Cooperative Breeding in Birds." En J. R. Kreps and Nicholas B. Davies, eds., *Behavioral Ecology: An Evolutionary Approach,* 245–81. Oxford: Blackwell.

Eshel, I. 1977. "Founder Effect and Evolution of Altruistic Traits—An Ecogenetical Approach." *Theoretical Population Biology* 11:410–24.

Evans, John W. 1971. *The Kennedy Round in American Trade Policy.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Fagen, Robert M. 1980. "When Doves Conspire: Evolution of Nondamaging Fighting Tactics in a Nonrandom-Encounter Animal Conflict Model." *American Naturalist* 115:858–69.

The Fifth Battalion of the Cameronians. 1936. Glasgow: Jackson & Co.

Fischer, Eric A. 1980. "The Relationship between Mating System and Simultaneous Hermaphroditism in the Coral Reel Fish, *Hypoplectrum Nigricans* (Serranidae)." *Animal Behavior* 28:620–33.

Fisher, R. A. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection.* Oxford: Oxford University Press.

Fitzgerald, Bruce D. 1975. "Self-Interest or Altruism." *Journal of Conflict Resolution* 19:462-79 (con un comentario de Norman Frohlich, pp. 480-83).

Friedman, James W. 1971. "A Non-Cooperative Equilibrium for Supergames." *Review of Economic Studies* 38:1–12.

Geschwind, Norman. 1979. "Specializations of the Human Brain." *Scientific American* 241 (no. 3):180–99.
Gillon, S., n.d. *The Story of the 29th Division.* London: Nelson & Sons.
Gilpin, Robert. 1981. *War and Change in World Politics.* Cambridge: Cambridge University Press.
Greenwell, G. H. 1972. *An Infant in Arms.* London: Allen Lane.
Gropper, Rena. 1975. *Gypsies in the City: Cultural Patterns and Survival.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.
Haldane, J. B. S. 1955. "Population Genetics." *New Biology* 18:34–51.
Hamilton, William D. 1963. "The Evolution of Altruistic Behavior." *American Naturalist* 97:354–56.
———. 1964. "The Genetical Evolution of Social Behavior." *Journal of Theoretical Biology* 7:1-16 and 17–32.
———. 1966. "The Moulding of Senescence by Natural Selection." *Journal of Theoretical Biology* 12:12–45.
———. 1967. "Extraordinary Sex Ratios." *Science* 156:447–88.
———. 1971. "Selection of Selfish and Altruistic Behavior in Some Extreme Models." En J. F. Eisenberg and W. S. Dillon, eds., *Man and Beast: Comparative Social Behavior.* Washington, D. C.: Smithsonian Press.
———. 1972. "Altruism and Related Phenomena, Mainly in Social Insects." *Annual Review of Ecology and Systemics* 3:193–232.
———. 1975. "Innate Social Aptitudes of Man: An Approach from Evolutionary Genetics." En Robin Fox, ed., *Biosocial Anthroplogy,* 133–55. New York: Wiley.
———. 1978. "Evolution and Diversity under Bark." In L. A. Mound and N. Waloff, eds., *Diversity of Insect Faunas,* pp. 154–75. Oxford: Blackwell.
Harcourt, A. H. 1978. "Strategies of Emigration and Transfer by Primates, with Particular Reference to Gorillas." *Zeitschrift für Tierpsychologie* 48:401–20.
Hardin, Garrett. 1968. "The Tragedy of the Commons." *Science* 162:1243–48.
Hardin, Russell. 1982. *Collective Action.* Baltimore: Johns Hopkins University Press.
Harris, R. J. 1969. "Note on 'Optimal Policies for the Prisoner's Dilemma.'" *Psychological Review* 76:373–75.
Hay, Ian. 1916. *The First Hundred Thousand.* London: Wm. Blackwood.
Heclo, Hugh. 1977. *A Government of Strangers: Executive Politics in Washington.* Washington, D.C.: Brookings Institution.
Henle, Werner, Gertrude Henle, and Evelyne T. Lenette. 1979. "The Epstein-Barr Virus." *Scientific American* 241 (no. 1):48–59.
Hills, J. D. 1919. *The Fifth Leicestershire 1914–1918.* Loughborough, U.K.: Echo Press.
Hinckley, Barbara. 1972. "Coalitions in Congress: Size and Ideological Distance." *Midwest Journal of Political Science* 26:197–207.
Hirshleifer, Jack. 1977. "Shakespeare vs. Becker on Altruism: The Importance of Having the Last Word." *Journal of Economic Literature* 15:500–02 (comentario de Gordon Tullock, pp. 502-6 contestación de Gary S. Becker, pp. 506-7).
———. 1978. "Natural Economy versus Political Economy." *Journal of Social and Biological Structures* 1:319–37.
Hobbes, Thomas. 1651. *Leviathan.* New York: Collier Books edition, 1962.
Hofstadter, Douglas R. 1983. "Metamagical Themas: Computer Tournaments of the Prisoner's Dilemma Suggest How Cooperation Evolves." *Scientific American* 248 (no. 5):16–26.

Hosoya, Chihiro. 1968. "Miscalculations in Deterrent Policy: Japanese-U.S. Relations, 1938–1941." *Journal of Peace Research* 2:97–115.

Howard, Nigel. 1966. "The Mathematics of Meta-Games." *General Systems* 11 (no. 5):187–200.

———. 1971. *Paradoxes of Rationality: Theory of Metagames and Political Behavior.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Ike, Nobutaka, ed. 1967. *Japan's Decision for War, Records of the 1941 Policy Conferences.* Stanford, Calif.: Stanford University Press.

Janzen, Daniel H. 1966. "Coevolution of Mutualism between Ants and Acacias in Central America." *Evolution* 20:249–75.

———. 1979. "How to be a Fig." *Annual Review of Ecology and Systematics* 10:13–52.

Jennings, P. R. 1978. "The Second World Computer Chess Championshps." *Byte* 3 (enero): 108-18.

Jervis, Robert. 1976. *Perception and Misperception in International Politics.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.

———. 1978. "Cooperation Under the Security Dilemma." *World Politics* 30: 167–214.

Jones, Charles O. 1977. "Will Reform Change Congress?" In Lawrence C. Dodd and Bruce I. Oppenheimer, eds. *Congress Reconsidered.* New York: Praeger.

Kelley, D. V. 1930. *39 Months.* London: Ernst Benn.

Kenrick, Donald, and Gratton Puxon. 1972. *The Destiny of Europe's Gypsies.* New York: Basic Books.

Koppen, E. 1931. *Higher Command.* London: Faber and Faber.

Kurz, Mordecai. 1977. "Altruistic Equilibrium." En Bela Belassa and Richard Nelson, eds., *Economic Progress, Private Values, and Public Policy,* 177–200. Amsterdam: North Holland.

Landes, William M., and Richard A. Posner. 1978*a*. "Altruism in Law and Economics." *American Economic Review* 68:417–21.

———. 1978b. "Salvors, Finders, Good Samaritans and Other Rescuers: An Economic Study of Law and Altruism." *Journal of Legal Studies* 7:83–128.

Laver, Michael. 1977. "Intergovernmental Policy on Multinational Corporations, A Simple Model of Tax Bargaining." *European Journal of Political Research* 5:363–80.

Leigh, Egbert G., Jr. 1977. "How Does Selection Reconcile Individual Advantage with the Good of the Group?" *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 74:4542–46.

Ligon, J. David, and Sandra H. Ligon. "Communal Breeding in Green Woodhoopes as a Case for Reciprocity." *Nature* 276:496–98.

Lipman, Bart. 1983. "Cooperation Among Egoists in Prisoner's Dilemma and Chicken Games." Ponencia presentada en la reunión anual de la American Political Science Association, septiembre 1-4, Chicago.

Luce, R. Duncan, and Howard Raiffa. 1957. *Games and Decisions.* New York: Wiley.

Luciano, Ron, and David Fisher. 1982. *The Umpire Strikes Back.* Toronto: Bantam Books.

Lumsden, Malvern. 1973. "The Cyprus Conflict as a Prisoner's Dilemma." *Journal of Conflict Resolution* 17:7–32.

Macaulay, Stewart. 1963. "Non-Contractual Relations in Business: A Preliminary Study." *American Sociological Review* 28:55–67.

Manning, J. T. 1975. "Sexual Reproduction and Parent-Offspring Conflict in RNA Tumor Virus-Host Relationship—Implications for Vertebrate Oncogene Evolution." *Journal of Theoretical Biology* 55:397–413.

Margolis, Howard. 1982. *Selfishness, Altruism and Rationality.* Cambridge: Cambridge University Press.

Matthews, Donald R. 1960. *U.S. Senators and Their World.* Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Mayer, Martin. 1974. *The Bankers.* New York: Ballantine Books.

Mayhew, David R. 1975. *Congress: The Electoral Connection.* New Haven, Conn.: Yale University Press.

Maynard Smith, John. 1974. "The Theory of Games and the Evolution of Animal Conflict." *Journal of Theoretical Biology* 47:209–21.

———. 1978. "The Evolution of Behavior." *Scientific American* 239:176–92.

———. 1982. *Evolution and the Theory of Games.* Cambridge: Cambridge University Press.

Maynard Smith, John, and G. A. Parker. 1976. "The Logic of Asymmetric Contests." *Animal Behavior* 24:159–75.

Maynard Smith, John, and G. R. Price. 1973. "The Logic of Animal Conflicts." *Nature* 246:15–18.

Mnookin, Robert H., y Lewis Kornhauser. 1979. "Bargaining in the Shadow of the Law." *Yale Law Review* 88:950–97.

Morgan, J. H. 1916. *Leaves from a Field Note Book.* London: Macmillan.

Nelson, Richard R., y Sidney G. Winter. 1982. *An Evolutionary Theory of Economic Change.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Nydegger, Rudy V. 1978. "The Effects of Information Processing Complexity and Interpersonal Cue Availability on Strategic Play in a Mixed-Motive Game." Inédito.

———. 1974. "Information Processing Complexity and Gaming Behavior: The Prisoner's Dilemma." *Behavioral Science* 19:204–10.

Olson, Mancur, Jr. 1965. *The Logic of Collective Action.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Orlove, M. J. 1977. "Kin Selection and Cancer." *Journal of Theoretical Biology* 65:605–7.

Ornstein, Norman, Robert L. Peabody, and David W. Rhode. 1977. "The Changing Senate: From the 1950s to the 1970s." En Lawrence C. Dodd y Bruce I. Oppenheimer, eds., *Congress Reconsidered.* New York: Praeger.

Oskamp, Stuart. 1971. "Effects of Programmed Strategies on Cooperation in the Prisoner's Dilemma and Other Mixed-Motive Games." *Journal of Conflict Resolution* 15:225–29.

Overcast, H. Edwin, and Gordon Tullock. 1971. "A Differential Approach to the Repeated Prisoner's Dilemma." *Theory and Decision* 1:350–58.

Parker, G. A. 1978. "Selfish Genes, Evolutionary Genes, and the Adaptiveness of Behaviour." *Nature* 274:849–55.

Patterson, Samuel. 1978. "The Semi-Sovereign Congress." En Anthony King, ed., *The New American Political System.* Washington, D.C.: American Enterprise Institute.

Polsby, Nelson. 1968. "The Institutionalization of the U.S. House of Representatives." *American Political Science Review* 62:144–68.

Ptashne, Mark, Alexander D. Johnson, y Carl O. Pabo. 1982. "A Genetic Switch in a Bacteria Virus." *Scientific American* 247 (no. 5):128–40.

Quintana, Bertha B., y Lois Gray Floyd. 1972. *Que Gitanol Gypsies of Southern Spain.* New York: Holt, Rinehart & Winston.

Raiffa, Howard. 1968. *Decision Analysis.* Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Rapoport, Anatol. 1960. *Fights, Games, and Debates.* Ann Arbor: University of Michigan Press.

———. 1967. "Escape from Paradox." *Scientific American* 217 (July):50–56.

Rapoport, Anatol, y Albert M. Chammah. 1965. *Prisoner's Dilemma.* Ann Arbor: University of Michigan Press.

Richardson, Lewis F. 1960. *Arms and Insecurity.* Chicago: Quadrangle.

Riker, William, y Steve J. Brams. 1973. "The Paradox of Vote Trading." *American Political Science Review* 67:1235–47.

Rousseau, Jean Jacques. 1762. *The Social Contract.* New York: E. P. Dutton edition, 1950.

Rutter, Owen, ed. 1934. *The History of the Seventh (Services) Battalion The Royal Sussex Regiment 1914-1919.* London: Times Publishing Co.

Rytina, Steve, y David L. Morgan. 1982. "The Arithmetic of Social Relations: The Interplay of Category and Network." *American Journal of Sociology* 88:88–113.

Samuelson, Paul A. 1973. *Economics.* New York: McGraw-Hill.

Savage, D. C. 1977. "Interactions between the Host and Its Microbes." En R. T. J. Clarke y T. Bauchop, eds., *Microbial Ecology of the Gut,* 277-310. New York: Academic Press.

Schelling, Thomas C. 1960. *The Strategy of Conflict.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

———. 1973. "Hockey Helmets, Concealed Weapons, and Daylight Saving: A Study of Binary Choices with Externalities." *Journal of Conflict Resolution* 17:381–428.

———. 1978. "Micromotives and Macrobehavior." En Thomas Schelling, ed., *Micromotives and Macrobehavior,* 9-43. New York: Norton.

Scholz, John T. 1983. "Cooperation, Regulatory Compliance, and the Enforcement Dilemma." Ponencia presentada en la reunión anual de la American Political Science Association, September 1-4, Chicago.

Schwartz, Shalom H. 1977. "Normative Influences on Altruism." In Leonard Berkowitz, ed., *Advances in Experimental Social Psychology,* 10:221–79.

Sheehan, Neil, y E. W. Kenworthy, eds. 1971. *Pentagon Papers.* New York: Times Books.

Shubik, Martin. 1959. *Strategy and Market Structure.* New York: Wiley.

———. 1970. "Game Theory, Behavior, and the Paradox of Prisoner's Dilemma: Three Solutions." *Journal of Conflict Resolution* 14:181–94.

Simon, Herbert A. 1955. "A Behavioral Model of Rational Choice." *Quarterly Journal of Economics* 69:99–118.

Smith, Margaret Bayard. 1906. *The First Forty Years of Washington Society.* New York: Scribner's.

Snyder, Glenn H. 1971. "'Prisoner's Dilemma' and 'Chicken' Models in International Politics." *International Studies Quarterly* 15:66–103.

Sorley, Charles. 1919. *The Letters of Charles Sorley.* Cambridge: Cambridge University Press.

Spence, Michael A. 1974. *Market Signalling.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Stacey, P. B. 1979. "Kinship, Promiscuity, and Communal Breeding in the Acorn Woodpecker." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 6:53–66.

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA
6403273243

Stern, Curt. 1973. *Principles of Human Genetics.* San Francisco: Freeman.
Sulzbach, H. 1973. *With the German Guns.* London: Leo Cooper.
Sutherland, Anne. 1975. *Gypsies, The Hidden Americans.* New York: Free Press.
Sway, Marlene. 1980. "Simmel's Concept of the Stranger and the Gypsies." *Social Science Information* 18:41–50.
Sykes, Lynn R., y Jack F. Everden. 1982. "The Verification of a Comprehensive Nuclear Test Ban." *Scientific American* 247 (no. 4);47–55.
Taylor, Michael. 1976. *Anarchy and Cooperation.* New York: Wiley.
Thompson, Philip Richard. 1980. "'And Who Is My Neighbour?' An Answer from Evolutionary Genetics." *Social Science Information* 19:341–84.
Tideman, T. Nicholas, y Gordon Tullock. 1976. "A New and Superior Process for Making Social Choices." *Journal of Political Economy* 84:1145–59.
Titmuss, Richard M. 1971. *The Gift Relationship: From Human Blood to Social Policy.* New York: Random House.
Treisman, Michel. 1980. "Some Difficulties in Testing Explanations for the Occurrence of Bird Song Dialects." *Animal Behavior* 28:311–12.
Trivers, Robert L. 1971. "The Evolution of Reciprocal Altruism." *Quarterly Review of Biology* 46:35–57.
Tucker, Lewis R. 1978. "The Environmentally Concerned Citizen: Some Correlates." *Environment and Behavior* 10:389–418.
Valavanis, S. 1958. "The Resolution of Conflict When Utilities Interact." *Journal of Conflict Resolution* 2:156–69.
Wade, Michael J., y Felix Breden. 1980. "The Evolution of Cheating and Selfish Behavior." *Behavioral Ecology and Sociobiology* 7:167–72.
The War the Infantry Knew. 1938. London: P. S. King.
Warner, Rex, trad. 1960. *War Commentaries of Caesar.* New York: New American Library.
Wiebes, J. T. 1976. "A Short History of Fig Wasp Research." *Gardens Bulletin* (Singapore):207–32.
Williams, George C. 1966. *Adaptation and Natural Selection.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.
Wilson, David Sloan. 1979. *Natural Selection of Populations and Communities.* Menlo Park, Calif.: Benjamin/Cummings.
Wilson, Edward O. 1971. *The Insect Societies.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
———. 1975. *Sociobiology.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
Wilson, Warner. 1971. "Reciprocation and Other Techniques for Inducing Cooperation in the Prisoner's Dilemma Game." *Journal of Conflict Resolution* 15:167–95.
Wintrobe, Ronald. 1981. "It Pays to Do Good, But Not to Do More Good Than It Pays: A Note on the Survival of Altruism." *Journal of Economic Behavior and Organization* 2:201–13.
Wrangham, Richard W. 1979. "On the Evolution of Ape Social Systems." *Social Science Information* 18:335–68.
Yonge, C. M. 1934. "Origin and Nature of the Association between Invertebrates and Unicellular Algae." *Nature* (July 7, 1939) 34:12–15.
Young, James Sterling. 1966. *The Washington Community, 1800–1828.* New York: Harcourt, Brace & World.
Zinnes, Dina A. 1976. *Contemporary Research in International Relations.* New York: Macmillan.